



**SKRIPSI – TK 091383
PENGERINGAN SOL SILIKA DAN SLURRY ZnO
DENGAN METODE SPRAY DRYER SERTA APLIKASI
FLAME DALAM PENGERINGAN SOL SILIKA**

**MUHAMMAD RIZALDI ZAMAN
NRP. 2310100054
M. SAIFUL RIZAL KHARISMA
NRP. 2310100087**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng
NIP. 195209161980031002
Dr. Widiyastuti, ST. MT
NIP. 197503062002122002**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2014**



**FINAL PROJECT – TK 091383
SILICA SOL AND ZnO SLURRY DRYING WITH SPRAY
DRYER AND THE APPLICATION OF FLAME IN SILICA
SOL DRYING**

**MUHAMMAD RIZALDI ZAMAN
NRP. 2310100054
M. SAIFUL RIZAL KHARISMA
NRP. 2310100087**

**Advisors :
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng
NIP. 195209161980031002
Dr. Widiyastuti, ST. MT
NIP. 197503062002122002**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2014**

PENGERINGAN SOL SILIKA DAN SLURRY ZnO DENGAN METODE SPRAY DRYER SERTA APLIKASI FLAME DALAM PENGERINGAN SOL SILIKA

Nama : 1. M.Rizaldi Zaman 2310100054
2. M. Saiful Rizal K 2310100087
Jurusan : Teknik Kimia FTI – ITS.
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Widiyastuti, ST., MT.

ABSTRAK

Spray drying banyak diaplikasikan di bidang industri untuk mengeringkan material karena memiliki berbagai keuntungan diantaranya mampu menghasilkan partikel hingga ukuran nanometer, proses kontinyu, kemurnian serta kristalinitas produk yang tinggi. Pada penelitian ini mencoba menggunakan *Flame Spray Drying* untuk mengeringkan partikel. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah Sol Silika dan *Slurry ZnO*. Peralatan utama yang digunakan pada eksperimen berupa *ultrasonic nebulizer*, *burner* serta *electrostatic precipitator*. Analisa SEM (*Scanning Electromagnetic Microscope*), XRD (*X-Ray Diffraction*) dan BET (*Brunaur-Emmet-Teller*) dilakukan untuk mengetahui morfologi, kristalinitas, ukuran dan juga luas permukaan dari partikel yang telah diperoleh. Morfologi dari silika sendiri berbentuk bulat kecil. Silika memiliki struktur amorf sehingga silika dapat digunakan sebagai material komposit karena tidak mempengaruhi material utama. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk *Slurry ZnO*, semakin tinggi pH maka semakin besar ukuran kristal partikel, semakin tinggi tekanan maka semakin besar ukuran kristal partikel, dan morfologi dari *ZnO* berbentuk seperti jarum.

Kata kunci : *Spray drying*, *Flame spray drying*, Silika, *ZnO*

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

SILICA SOL AND ZnO SLURRY DRYING WITH SPRAY DRYER AND THE APPLICATION OF FLAME IN SILICA SOL DRYING

Name : 1. M.Rizaldi Zaman 2310100054
2. M. Saiful Rizal K 2310100087
Department : Chemical Engineering FTI – ITS.
Advisors : Prof. Dr. Ir. SugengWinardi, M.Eng
Dr. Widiyastuti, ST., MT.

ABSTRACT

Spray drying widely applied in industry for drying the material because it has many advantages including particles capable of producing up to nanometer size, a continuous process, product purity and high crystallinity. In this study tries to use Flame Spray Drying to dry particles. The model used in this study is Sol Silica and Slurry ZnO. Major equipment used in this experiment are an ultrasonic nebulizer, burners and electrostatic precipitators. Analysis of SEM (Scanning Electromagnetic Microscope), XRD (X-Ray Diffraction) and BET (Brunaur-Emmett-Teller) was conducted to determine the morphology, crystallinity, size and surface area of the particles that have been obtained. Morphology of silica is small spherical. Silica has an amorphous structure that silica can be used as a composite material because it does not affect the main material. From this study it can be concluded that for ZnO slurry, the higher the pH, the greater the size of the crystal particles, the higher the pressure, the greater the size of the crystal particles, and the morphology of needle-shaped ZnO

Key words: Spray Drying, Flame spray drying, Silica, ZnO,

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGERINGAN SOL SILIKA DAN SLURRY ZnO DENGAN METODE SPRAY DRYER SERTA APLIKASI FLAME DALAM PENGERINGAN SOL SILIKA

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik
Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh
Nopember Surabaya

Oleh :

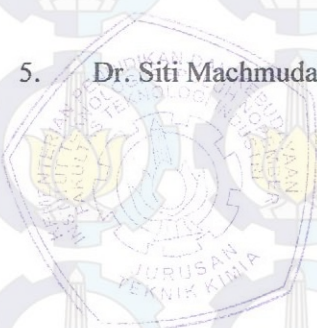
MUHAMMAD RIZALDI ZAMAN
M. SAIFUL RIZAL KHARISMA

2310 100 054
2310 100 087

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. (Pembimbing I)
2. Dr. Widiyastuti, ST, MT (Pembimbing II)
3. Ir. Minta Yuwana, MS (Penguji I)
4. Dr. Tantular Nurtono, ST, M.Eng (Penguji II)
5. Dr. Siti Machmudah, ST, M.Eng (Penguji III)

SURABAYA
JULI 2014



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan skripsi kami yang berjudul:

“Pengeringan Sol Silika Dan Slurry ZnO Dengan Metode Spray Dryer Serta Aplikasi Flame Dalam Pengeringan Sol Silika”

Laporan Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan. Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Kami menyadari dalam penyusunan Laporan Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng. dan Dr. Widiyastuti, ST. MT selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan,
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng. selaku Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya,
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,
4. Bapak Setiyo Gunawan, ST., Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI - ITS Surabaya
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya yang telah memberikan ilmunya kepada kami
6. Kedua orang tua kami yang sangat menyayangi kami, atas segala doa, semangat dan supportnya yang selalu mendampingi langkah kami

7. Saudara-saudara kami, serta keluarga besar atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
8. Rekan-rekan Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran atas semangat dan motivasinya,
9. Bang Farid Indra dan Pak Wahyudiono yang selalu membantu disaat kami penelitian,
10. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan dukungan moril kepada kami, serta keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya keluarga K-50 atas semua dukungan, semangat, serta kerja samanya.

Semoga penelitian ini bermanfaat. Segala saran dan kritik akan sangat berguna dalam penyempurnaan laporan akhir skripsi ini.

Surabaya, Juli 2014

Penyusun

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Mekanisme Pembentukan Partikel FASP, FSP dan VAFS	9
Gambar 2.2	Skema Peralatan Scanning Electromagnetic Microscope (SEM)	11
Gambar 2.3	Skema Peralatan <i>X Ray Diffraction</i> (XRD)	15
Gambar 3.1	Skema Peralatan <i>Flame Spray Drying</i>	19
Gambar 3.2	Skema Geometri Reaktor <i>Flame Spray Drying</i>	20
Gambar 3.3	Skema Burner	21
Gambar 3.4	Skema Spray Drying	24
Gambar 3.5	Skema Spray Gun	25
Gambar 4.1	Hasil Analisa XRD Silika Dengan Metode <i>Flame Spray Drying</i>	28
Gambar 4.2	Hasil Analisa SEM Silika Dengan Metode <i>Flame Spray Drying</i>	29
Gambar 4.3	Hasil Analisa XRD Silika Dengan Metode <i>Spray Drying</i>	31
Gambar 4.4	Hasil Analisa XRD ZnO Dengan Metode <i>Spray Drying</i>	33
Gambar 4.5	Hasil Analisa SEM Silika Dengan Metode <i>Spray Drying</i>	34
Gambar 4.6	Hasil Analisa SEM ZnO 30 psi	36
Gambar 4.7	Hasil Analisa SEM ZnO 40 psi	37
Gambar 4.8	Hasil Analisa SEM ZnO 50 psi	38
Gambar 4.9	Grafik Hasil Analisa BET ZnO 30 psi	40
Gambar 4.10	Grafik Hasil Analisa BET ZnO 40 psi	40
Gambar 4.11	Grafik Hasil Analisa BET ZnO 50 psi	40
Gambar 4.12	Klasifikasi grafik isothermis menurut IUPAC	41



(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	4
I.3 Batasan Masalah	5
I.4 Tujuan Penelitian	5
I.5 Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Karakteristik <i>Waterglass</i>	7
II.2 Karakteristik Silika	7
II.3 Karakteristik ZnO	8
II.4 <i>Flame Spray Drying</i>	8
II.5 <i>Spray Drying</i>	11
II.6 Mekanisme Pembentukan Partikel	12
II.7 Metode Analisa	13
II.7.1 Scanning Electromagnetic Microscope (SEM)	13
II.7.2 X-Ray Diffraction	18
II.8 Penelitian Terdahulu	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 <i>Flame Spray Drying</i>	23
III.1.1 Bahan yang Digunakan	23
III.1.2 Peralatan yang Digunakan	23
III.1.3 Skema Alat	25

III.1.4 Prosedur Penelitian	28
III.1.4.1 Pembuatan Larutan Prekursor	28
III.1.4.2 Pengeringan Partikel	29
III.2 <i>Spray Drying</i>	29
III.2.1 Bahan yang Digunakan	29
III.2.2 Peralatan yang Digunakan	30
III.2.3 Skema Alat	31
III.2.4 Pengeringan Partikel	33
III.3 Variabel Penelitian	34
III.4 Katakterisasi Partikel	34

BAB IV HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1 <i>Flame Spray Drying</i>	35
IV.1.1 Kristalinitas Partikel	36
IV.1.1.1 Silika	36
IV.1.2 Morfologi Partikel	38
IV.1.2.1 Silika	38
IV.2 <i>Spray Drying</i>	39
IV.2.1 Kristalinitas Partikel	39
IV.2.1.1 Silika	39
IV.2.1.2 ZnO	41
IV.2.2 Morfologi Partikel	43
IV.2.2.1 Silika	43
IV.2.2.2 ZnO	44
IV.2.3 Luas Permukaan Partikel	48

BAB V KESIMPULAN

V.1 Kesimpulan	53
V.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA APPENDIKS LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1

Variabel Penelitian

26

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Silika komersial digunakan dalam berbagai macam aplikasi sebagai adsorben, katalis, *catalyst carrier* dan filter adalah amorphous material yang disiapkan oleh hidrolisis larutan silikat atau dengan hidrolisis turunan silikon terutama tetraklorida silikon dan tetraethoxysilane. Silika dapat diperoleh dalam berbagai bentuk sebagai bahan tidakberpori, hidrogel silika dengan diameter pori yang berbeda, bahan pyrogenic atau solusi koloid (Lagaly, 1978). Silika juga sedang dikembangkan sebagai bahan additive dalam plastic dan karet untuk meningkatkan elastisitas (Jang, 2006).

Dalam kasus tertentu silika amorf, berbagai metode yang ada untuk mensintesis nanopartikel SiO_2 aerosol, termasuk spray pyrolysis, flame synthesis, evaporasi termal dan bahkan spray drying dari koloid atau endapan partikel. Khususnya di reactor skala industri, aerosol yang dihasilkan biasanya terdiri dari partikel utama berukuran nanometer berupa aglomerat yang tinggi. Pembentukan partikel dan pertumbuhan mekanisme aerosol SiO_2 banyak dimodelkan, termasuk sintering SiO_2 melalui aliran viskos dan sintesis fase gas bersuhu tinggi dari SiO_2 untuk mengetahui formasi partikel agglomerate oleh koagulasi dan sintering. Pengembangan lebih lanjut dan peningkatan model untuk memperhitungkan efek dari parameter proses, termasuk suhu, residence time, konsentrasi prekursor, dan laju pendinginan pada tingkat aglomerasi SiO_2 yang mempengaruhi reaksi kimia simultan, koagulasi, dan sintering (Ostraat, 2008).

Proses aerosol secara luas telah banyak diaplikasikan didalam dunia industri untuk memproduksi berbagai macam partikel. Hal ini disebabkan karena proses ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan metode lain yang telah berkembang misalnya metode *liquid-solution*. Keuntungan yang diperoleh dari proses aerosol dibandingkan proses *liquid-solution*

antara lain tingkat kemurnian dan derajat kristalinitas partikel yang tinggi, waktu produksi yang relatif cepat, serta control morfologi yang baik.

Pada skripsi ini kami akan melakukan pengeringan terhadap sol silika dan slurry ZnO. Pengeringan merupakan suatu proses pemisahan sebagian besar air dari bahan baik dalam bentuk evaporasi maupun sublimasi sebagai hasil dari penerapan panas. Pengeringan suatu bahan dilakukan dengan tujuan memperpanjang daya simpan produk, mengurangi volume dan berat produk dan sebagai tahapan proses antara. Pengeringan dilakukan baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah. Pada pengeringan suhu tinggi berupa penggunaan energi panas untuk merubah fase air menjadi uap dan membuang uap air dalam bahan. Sementara pengeringan suhu rendah merupakan penggunaan energi panas untuk merubah es menjadi uap air dan membuang uap air keluar dari bahan. Jenis-jenis pengeringan yang banyak digunakan antara lain pengeringan matahari (sun drying) pengeringan atmosferik (solar drying, cabinet drying, tunnel drying, conveyor drying, drum drying, spray drying), dan pengeringan sub atmosferik (vacuum drying, freeze drying). Pemilihan metode pengeringan didasarkan pada kualitas hasil akhir yang diinginkan, sifat bahan dasar dan biaya (Kievet, 1997).

Di berbagai area industri, produk dari proses berupa *liquid* yang mengandung material padat dalam bentuk terlarut ataupun tersuspensi. Banyak kasus yang menunjukkan bahwa memisahkan material padat dari solvent untuk mendapatkan material kering itu sangat menguntungkan. Tujuannya adalah untuk menghemat pada biaya pengiriman atau karena material tersebut mempunyai properties yang lebih baik ketika dalam bentuk kering daripada terlarut.

Ada dua metode yang akan kami bandingkan dalam proses pengeringan sol silika dan slurry ZnO, yaitu spray drying dan flame spray drying. Spray drying merupakan suatu proses pengeringan untuk mengurangi kadar air suatu bahan sehingga dihasilkan produk berupa bubuk melalui penguapan cairan. Spray

drying menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplet, selanjutnya droplet yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Bahan yang digunakan dalam pengeringan spray drying dapat berupa suspensi, dispersi maupun emulsi. Sementara produk akhir yang dihasilkan dapat berupa bubuk, granula maupun aglomerat tergantung sifat fisik-kimia bahan yang akan dikeringkan, desain alat pengering dan hasil akhir produk yang diinginkan (Mujumdar, 2006).

Pada penelitian ini diperkenalkan flame spray drying, yaitu pengeringan dengan bantuan api. Partikel yang dihasilkan dari proses ini terbentuk dari droplet yang menguap dan kemudian terdekomposisi menjadi partikel. Teknologi flame yang berkembang saat ini telah diaplikasikan untuk mensintesis material sehingga memiliki focus yang berbeda dibandingkan dengan teknologi pembakaran sederhana dimana sasarannya meminimalisasikan emisi pada pembakaran hidrokarbon. Pada proses sintesa partikel dengan metode flame, akan dipelajari karakteristik yang berpengaruh terhadap proses pembentukan partikel.

Jika dibandingkan dengan spray drying, flame spray drying memiliki kelebihan yaitu tingkat kemurnian produk yang tinggi, proses kontinyu dan waktu produksi yang relatif cepat. Tetapi flame spray drying juga memiliki kekurangan antara lain terkadang partikel yang dihasilkan memiliki morfologi yang kurang baik dan terdapat hollow partikel.

Sebanyak 90% teknologi flame telah banyak diaplikasikan di dunia industri untuk membuat partikel dalam fase gas, sehingga metode flame menjadi topik menarik untuk diteliti dan dipelajari lebih lanjut. Jumlah volume produksi material dari industri yang berbasis flame mencapai jutaan metric ton dengan laju produksi rata-rata 100 ton per hari. Keberhasilan dari teknologi ini didasarkan pada pendekatan sederhana dari satu tahap proses. Tetapi kenyataannya proses flame sangat kompleks untuk semua karakteristik partikel yang diproduksi karena flame

berhubungan dengan waktu tinggal partikel yang relatif singkat (milisekon) dan banyak variabel proses.

Dalam penelitian kami SiO_2 digunakan sebagai model partikel untuk mempelajari proses spray drying menggunakan flame. Silika merupakan bahan baku utama yang dapat diperoleh dari bahan sintesis seperti silika *fumed*, TEOS (Tetraethyl Ortho Silicate) dan TMOS (Tetra Methyl Ortho Silicate) (Deng et al, 2005). Bahan silika di atas sangat terbatas dan mahal sehingga untuk mengatasi hal tersebut diperlukan alternatif lain untuk mencari sumber silika dari bahan yang murah dan ramah lingkungan seperti *waterglass*. (Balgis & Setyawan, 2010).

Sphanel dan Anderson (1991) telah berhasil menghasilkan partikel ZnO dengan diameter dibawah 10 nm dengan menghidrolisis *zinc acetat*. Namun ukuran partikel ini kemudian mengalami pembesaran karena terjadinya reaksi kimia lebih lanjut maupun koagulasi. Untuk menghentikan pertumbuhan 2 ukuran partikel ini salah satu caranya adalah dengan memperangkap partikel tersebut dalam matriks padatan. Matriks padatan yang digunakan harus transparan, terutama dalam daerah spektrum luminisens ZnO dan sebagai matriks padat dipilih silika karena material ini transparan pada daerah cahaya tampak sehingga tidak mengganggu *luminescent* ZnO.

I.2 Perumusan Masalah

Salah satu metode pengeringan adalah menggunakan flame spray drying. Kondisi operasi seperti laju alir fuel dan udara serta konsentrasi sangat erat hubungannya dengan proses pembentukan partikel yang selanjutnya berkaitan dengan partikel yang dihasilkan, proses flame spray drying memiliki keuntungan proses kontinyu, satu tahap dan energi yang dibutuhkan lebih murah. Namun, pada proses ini suhu yang dihasilkan tidak terdistribusi secara merata. Penambahan KOH akan mempengaruhi ukuran partikel dari silika, karena penambahan KOH dapat merubah pH larutan menjadi semakin basa. Dalam penelitian ini difokuskan pada pengaruh pH dari larutan prekursor

dan juga pengaruh tekanan operasi yang digunakan dalam penelitian.

I.3 Batasan Masalah

Silika disintesis dari prekursor yaitu waterglass yang telah dilewatkan ke resin anion dan kation agar didapat kondisi asam dan basa. Pada percobaan ini digunakan kondisi rate carrier gas, LPG dan Oxidizer yang sama. Dalam penelitian ini menggunakan 2 metode, yaitu dengan *spray drying* dan *flame spray drying*. Sedangkan untuk drying ZnO, slurry ZnO didapatkan dari PT. Citra Cakra Logam

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH pada proses drying silika menggunakan flame spray drying. Sedangkan untuk slurry ZnO, mencari tahu pengaruh tekanan operasi terhadap pembentukan partikel.

I.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh dari pH larutan prekursor sol silika dan pengaruh dari penggunaan metode spray drying dan flame spray drying dalam pembentukan partikel silika, sedangkan untuk ZnO dapat diketahui pengaruh tekanan operasi terhadap pembentukan partikel, serta mengetahui metode mana yang lebih baik untuk pengeringan.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik *Waterglass*

Waterglass atau kaca alkali silikat berupa kristal putih yang dapat larut dalam air (soluble glass) menghasilkan larutan alkalin. Secara kimia, *waterglass* adalah sodium silikat. Terdapat banyak jenis sodium silikat, antara lain adalah sodium orthosilikat, sodium polisilikat, dan sodium pyrosilikat. *Waterglass* merupakan salah satu jenis gelas/kaca dari sejumlah jenis gelas. Selain *waterglass* terdapat kaca berupa silika lebur, kaca soda gamping (soda lime glass), kaca timbal (lead glass), kaca timbal silikat alkali, kaca borosilikat, dan kaca alumina silikat (Uhlmann dan Kreidl, 1980).

Waterglass selalu stabil dalam larutan murni dan alkalin. Dalam larutan asam, ion silikat bereaksi dengan ion hidrogen untuk membentuk asam silikat, yang bila dipanaskan dan dibakar akan membentuk silika gel yang keras, bening seperti zat kaca yang dapat menyerap air dengan cepat.

Natrium silikat adalah nama umum untuk senyawa dengan rumus $\text{Na}_2(\text{SiO}_2)_n\text{O}$. Salah satu yang terkenal dari seri ini adalah natrium metasilikat, Na_2SiO_3 . Juga dikenal sebagai *waterglass* atau kaca cair, bahan ini tersedia dalam larutan air dan dalam bentuk padat. Komposisi murni tidak berwarna atau putih, tetapi sampel komersial sering kehijauan atau biru karena kehadiran besi yang mengandung kotoran (Greenwood, 1997).

2.2 Karakteristik Silika

Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya di alam tidak dalam kondisi bebas melainkan terikat dengan senyawa lain baik secara fisik maupun kimia. Silika memiliki sifat hidrofilik atau hidrofobik sesuai dengan struktur atau morfologinya. Umumnya silika banyak digunakan pada industri-industri strategis seperti pasta gigi, perawatan kulit, bir (pemrosesan bir), pelapisan kertas

(*paper coating*), desikant, pendukung katalis, katalis polyolefin, antibloking agent, dan farmasi.

Sol silika yang juga bernama *silicic acid hydrosol*, dibentuk dari dispersi SiO_2 koloid, partikel dalam air, dan telah diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu basa dan asam silika $\sim 01\text{s}$. Dalam tulisan ini, sol silika terkonsentrasi berarti bahwa isi SiO_2 adalah lebih dari 30 %. Sol silika memiliki serangkaian sifat menguntungkan, misalnya permukaan spesifik yang besar, adsorbability kuat, properti mengikat baik, tahan api insulativity panas dan telah banyak diterapkan dalam pengecoran, percetakan, industri produksi katalis, tekstil dan kertas, serta agen pengolahan air, bahan pengikat untuk bahan luminescent dan sebagainya. Oleh karena itu sol silika telah dipelajari secara ekstensif dalam ilmu dan teknologi.

2.3 Karakteristik ZnO

Zinc oxide merupakan senyawa *anorganic* dengan rumus molekul ZnO , berbentuk serbuk putih, tidak larut dalam air, dan secara luas digunakan sebagai zat adiktif pada kebanyakan material dan produk seperti plastik, keramik, kaca, semen, pelumas dan baterai. ZnO adalah material semikonduktor yang menghasilkan luminisens biru sampai hijau-kuning yang cukup efisien. Sifat ini menjadikan ZnO sebagai material yang sangat potensial bagi pengembangan sumber cahaya putih (*white light sources*). Sebagai bahan semikonduktor, ZnO memiliki potensi sebagai bahan *photoluminescent* yang setara dengan *Gallium Nitrite* (GaN) untuk digunakan dalam aplikasi seperti *Light Emitting Diode* (LED) dan sensor elektroda transparan. Juga merupakan bahan yang efisien untuk fosfor tegangan rendah (Abdullah, 2001).

2.4 Metode Pembentukan Partikel

Pada saat ini, banyak kelompok peneliti yang memiliki fokus kepada cara untuk meningkatkan kinerjanya, seperti metode solid-state, metode sol-gel, proses gelombang mikro, sintesis

hidrotermal, metode reduksi carbothermal dan teknologi ultrasonic spray pyrolysis. Metode solid-state adalah metode konvensional untuk mempersiapkan silika. Metode ini sederhana dan mudah untuk industrialisasi. Namun, produknya memiliki partikel yang tidak seragam, bentuk non-kristalin dan membutuhkan waktu sintesis yang cukup lama. Prosedur yang panjang dan kompleks memerlukan proses penggilingan dan kalsinasi secara berulang, dimana akan membentuk partikel yang lebih besar dengan kinerja elektrokimia rendah.

Metode sol-gel adalah metode yang memiliki kelebihan dalam mengendalikan sifat material selama tahap awal dari produksi serbuk, yaitu dengan mencampur secara homogen bahan-bahan awal pada tingkat atom atau molekul. Sol adalah dispersi dari partikel koloid dalam cairan, sedangkan gel merupakan jaringan yang kaku dengan pori-pori berdimensi sub-mikrometer dan panjang rata-rata rantai polimer berukuran mikrometer. Selain itu, proses reaksi lebih mudah untuk dikontrol, membutuhkan suhu yang rendah dan peralatan yang sederhana. Namun, sulit untuk diproduksi dalam skala pabrik.

Proses gelombang mikro yaitu microwave receiver melalui penyerapan energi elektromagnetik untuk mencapai proses pemanasan sendiri. Karena materi secara langsung dapat menyerap energi gelombang mikro, jadi proses pemanasan dapat dicapai dengan sangat cepat dan seragam. Oleh karena itu, proses pemanasan keseluruhan jauh lebih cepat daripada pemanasan dengan tungku. Prinsip dasar prinsip gelombang mikro adalah dengan menggunakan karbon aktif sebagai penerima gelombang mikro yang dapat memanaskan precursor secara cepat dan dapat menciptakan atmosfer reduktif untuk mencegah oksidasi besi (II), sehingga tidak perlu gas reduktif atau perlindungan gas inert. Selain itu, karbon aktif sangat murah dan dapat direproduksi (reproducible), sehingga proses ini sangat ekonomis.

Sintesis hidrotermal merupakan metode yang berguna untuk mempersiapkan partikel halus. Metode ini memiliki

beberapa keuntungan seperti proses sintesis yang sederhana dan konsumsi energi yang rendah.

Metode ultrasonic spray pyrolysis adalah teknik yang sangat efektif untuk menghasilkan partikel keramik halus dengan fase kristal yang murni dalam waktu singkat. Dibandingkan dengan partikel yang diproduksi secara konvensional dengan metode solid-state, distribusi ukuran partikel yang sempit dan dapat dikontrol pada rentang submicrometer sampai micrometer, kemurnian produk yang tinggi dan proses sintesis serbuk yang mudah untuk dikontrol.

Keuntungan dari reaktor flame adalah (Kodas& Smith, 1999) :

- a. Oksida – oksida sederhana dengan mudah dapat dihasilkan dalam waktu yang pendek (dalam beberapa detik)
- b. Sistem sederhana dan relatif tidak mahal untuk dibuat dan dioperasikan
- c. Dapat digunakan pada prekursor yang volatile atau tidak volatile
- d. Kemurnian tinggi
- e. Range ukuran partikel yang dapat dibuat besar

Kerugian dari reaktor flame adalah (Kodas& Smith, 1999):

- a. Pembentukan agglomerate pada banyak kondisi
- b. Distribusi ukuran partikel yang besar
- c. Profil aliran dan temperatur yang tidak seragam
- d. Sulit digunakan untuk menghasilkan banyak material terutama yang mudah teroksidasi seperti golongan nitrit, borit dll
- e. Properties partikel dipengaruhi dengan signifikan oleh pencampuran dari prekursor

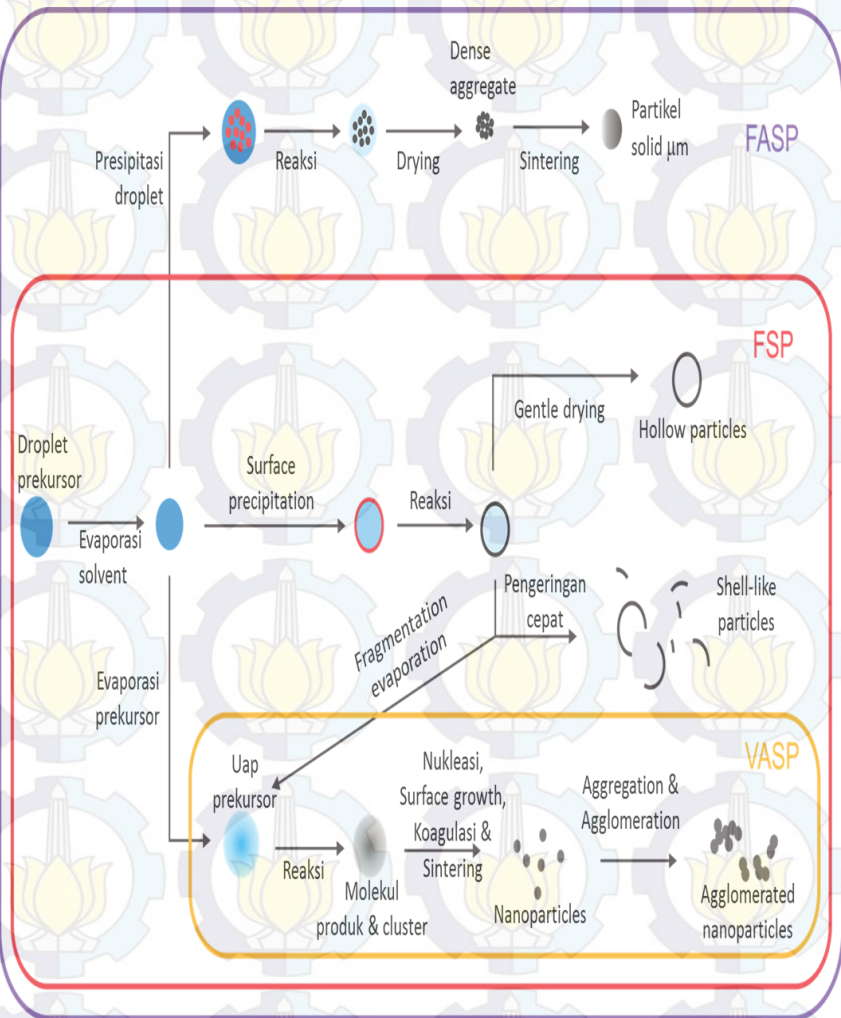
2.5 Spray Drying

Metode *spray drying* pada dasarnya memiliki proses yang mirip dengan metode *spray pyrolysis*, yaitu atomisasi larutan prekursor ke dalam bentuk droplet, kemudian dilewatkan ke dalam media pemanas (reaktor furnace) dengan gas carrier.

Hal yang membedakan antara metode *spray drying* dengan metode *spray pyrolysis* adalah pada prekursor dan temperatur operasinya. Prekursor yang digunakan dalam metode *spray drying* adalah suspensi koloid (Iskandar, 2002) dan temperatur operasi yang digunakan lebih dari 150°C, Karena pada suhu dibawah 450°C ikatan Si-O-Si menjadi tidak stabil (Milea et al, 2011).

Metode ini mampu memproduksi partikel dalam range 100 nanometer hingga beberapa micrometer dengan morfologi yang seragam dengan bentuk *spherical*. Banyak aspek dari *spray drying* yang bisa mempengaruhi karakteristik dari partikel yang terbentuk. Di antaranya adalah pengaruh dari kandungan sol dalam feed, *deflocculant level*, temperatur *drying*, dan teknik atomisasi. Prekursor yang memiliki *deflocculant level* rendah akan membentuk partikel solid, sedangkan yang memiliki *deflocculant level* tinggi akan membentuk *hollow particle* dengan pori terbuka dan berlubang.

2.6 Mekanisme Pembentukan Partikel



Gambar 2.1 Skema Mekanisme Pembentukan Partikel FASP, FSP dan VAFS

Pada prekursor solid, mekanisme yang terjadi berbeda. Ada tiga kemungkinan dalam pembentukan partikel menggunakan partikel submicron-micron sebagai prekursor, yaitu : nanopartikel, nanopartikel dan partikel dengan ukuran mengecil dan partikel yang relatif tidak berubah ukurannya. Nanopartikel dimulai dari menguapan prekursor solid untuk menghasilkan uap atau monomer-monomer (molekul-molekul). Partikel terbentuk disebabkan oleh nukleasi dari uap ketika supersaturation terjadi baik oleh peningkatan konsentrasi uap atau karena penurunan suhu. Partikel pertama yang terbentuk oleh proses nukleasi disebut cluster-cluster. Cluster-cluster ini selanjutnya tumbuh melalui koagulasi dengan cluster atau partikel lainnya dan kondensasi dengan monomer.

Adakalanya supersaturation terjadi ketika evaporasi dari prekursor partikel tidak sempurna, menghasilkan ukuran bimodal. Terdiri dari partikel submicron-micron dengan ukuran lebih kecil dari ukuran awal dan nanopartikel yang timbul dari sintesis partikel fase gas. Ukuran partikel yang relatif tidak berubah terjadi ketika partikel awal tidak mengalami evaporasi. Hal ini disebabkan karena temperature cukup rendah untuk menginisiasi terjadinya evaporasi. (Widiyastuti dkk, 2009)

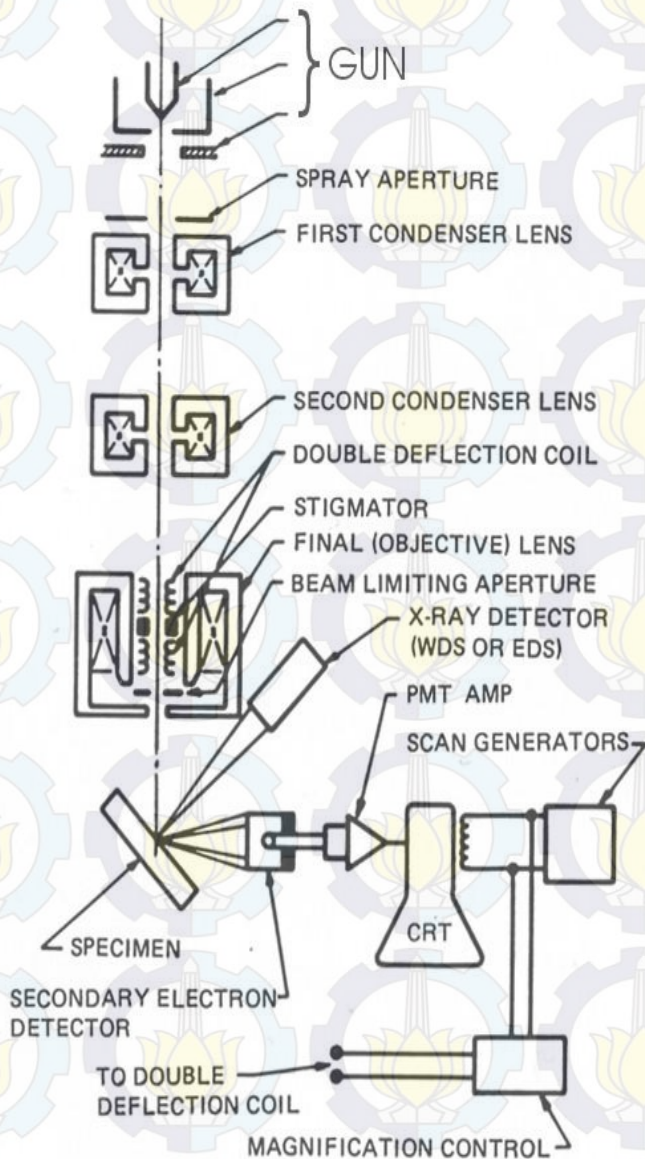
2. 7 Metode Analisa

II.7.1 Scanning Elecromagnetic Microscope (SEM)

Sebuah mikroskop elektron scanning (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai dengan sinar terfokus elektron . Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, memproduksi berbagai sinyal yang dapat dideteksi dan yang berisi informasi tentang sampel permukaan topografi dan komposisi. Berkas elektron umumnya dipindai dalam raster memindai pola, dan posisi balok dikombinasikan dengan sinyal terdeteksi untuk menghasilkan gambar. SEM dapat mencapai resolusi lebih baik dari 1 nanometer. Spesimen dapat diamati dalam vakum tinggi, di vakum rendah, dan (di SEM lingkungan) dalam kondisi basah

Mikroskop elektron scanning (SEM) menggunakan sinar terfokus electron berenergi tinggi untuk menghasilkan berbagai sinyal pada permukaan specimen padat. Sinyal yang berasal dari electron berinteraksi dengan sampel dan memberikan informasi tentang sampel termasuk morfologi eksternal (tekstur), komposisi kimia, dan struktur kristal serta orientasi dari bahan yang membentuk sampel. Pada kebanyakan aplikasi, data yang dikumpulkan dalam area yang dipilih dari permukaan sampel, dan gambar 2 dimensi yang dihasilkan menampilkan variasi spasial di property ini. SEM juga mampu melakukan analisis lokasi titik yang dipilih pada sampel.

Komponen penting dari semua SEM adalah sebagai berikut: Sumber Elektron, Lensa elektron, Sampel Tahap, Detektor untuk semua sinyal bunga, Perangkat output display / Data. Persyaratan Infrastrukturnya adalah Power Supply, Vacuum Sistem, Sistem pendingin, vibration-free floor, ruangan bebas dari medan magnet dan listrik ambient



Gambar 2.2 Skema Peralatan Scanning Electromagnetic Microscope (SEM)

Elektron dipercepat dalam SEM membawa sejumlah besar energy kinetic, dan energy ini hilang saat berbagai sinyal dihasilkan oleh interaksi electron-sampel. Sinyal ini meliputi electron sekunder (yang menghasilkan gambar SEM), electron backscattered (BSE), electron backscattered difraksi (EBSD yang digunakan untuk menentukan struktur kristal dan orientasi mineral), foton (karakteristik sinar-X yang digunakan untuk analisis unsure dan kontinum X-ray), cahaya tampak (cathodoluminescence-CL), dan panas. Elektron sekunder dan electron backscattered biasanya digunakan untuk sampel pencitraan, electron sekunder berfungsi untuk menunjukkan morfologi dan topografi pada sampel. Elektron backscattered berfungsi untuk menggambarkan kontras dalam komposisi sampel multifasa. X-ray generasi diproduksi oleh tumbukan inelastic dari electron dengan electron dalam insiden orbitals diskrit (shell) dari atom dalam sampel. Analisa SEM dianggap non-destruktif yaitu sinar-X yang dihasilkan oleh interaksi electron tidak menyebabkan hilangnya volume sampel, sehingga memungkinkan untuk menganalisis bahan yang sama berulang kali

Kelebihan SEM adalah tidak bisa dibayangkan tidak ada instrumen lain dengan luasnya aplikasi dalam studi bahan padat yang membandingkan dengan SEM. SEM sangat penting dalam semua bidang yang membutuhkan karakterisasi bahan padat. Kebanyakan SEM adalah relatif mudah dioperasikan, dengan user-friendly "intuitif" antarmuka. Banyak aplikasi memerlukan persiapan sampel minimal. Untuk banyak aplikasi, akuisisi data cepat (kurang dari 5 menit / gambar untuk SEI, BSE, tempat EDS analisis.) SEM modern menghasilkan data dalam format digital, yang sangat portabel.

Kekurangan SEM adalah sampel harus solid dan mereka harus masuk ke dalam ruang mikroskop. Ukuran maksimum dalam dimensi horisontal biasanya di urutan 10 cm, dimensi vertikal umumnya jauh lebih terbatas dan jarang melebihi 40 mm. Untuk kebanyakan instrumen sampel harus stabil dalam ruang

hampa pada urutan 10^{-5} - 10^{-6} torr. Sampel cenderung outgas pada tekanan rendah (batuan jenuh dengan hidrokarbon, "basah" sampel seperti batu bara, bahan organik atau pembengkakan tanah liat, dan sampel cenderung membakar sampai pecah pada tekanan rendah) tidak cocok untuk pemeriksaan konvensional SEM. Namun, "vakum rendah" dan "lingkungan" SEM juga ada, dan banyak jenis sampel dapat berhasil diperiksa dalam instrumen khusus. EDS detektor pada SEM tidak dapat mendeteksi unsur-unsur sangat ringan (H, He, dan Li), dan masih banyak instrumen tidak dapat mendeteksi unsur dengan nomor atom kurang dari 11 (Na). Kebanyakan SEM menggunakan keadaan detektor x-ray padat (EDS), dan sementara detektor ini mudah untuk memanfaatkan sangat cepat dan, mereka memiliki resolusi energi yang relatif miskin dan kepekaan terhadap elemen hadir dalam kelimpahan rendah bila dibandingkan dengan panjang gelombang dispersif detektor x-ray (WDS) pada kebanyakan probe elektron microanalyzers (EPMA). Sebuah lapisan konduktif elektrik harus diterapkan untuk isolasi elektrik sampel untuk studi di konvensional SEM, kecuali instrumen yang mampu beroperasi dalam mode vakum rendah. (www.serc.carleton.edu)

Kelebihan SEM antara lain

- Kuat dan cepat (<20 menit) teknik untuk identifikasi mineral yang tidak diketahui
- Dalam kebanyakan kasus, ia menyediakan penentuan mineral ambigu
- Persiapan sampel minimal yang diperlukan
- Unit XRD tersedia secara luas
- Interpretasi data adalah relatif lurus ke depan

Kekurangan SEM antara lain :

- Bahan fase homogen dan tunggal yang terbaik untuk identifikasi yang tidak diketahui
- Harus memiliki akses ke file referensi standar senyawa anorganik (d-jarak, hkt s)
- Membutuhkan persepuluh gram bahan yang harus ditumbuk menjadi bubuk

- Untuk bahan campuran, batas deteksi adalah ~ 2% dari sampel
- Untuk penentuan sel satuan, pengindeksan pola sistem kristal non-isometrik rumit
- Overlay puncak mungkin terjadi dan memburuk untuk 'refleksi' angle tinggi

2.7.2 X-Ray Diffraction (XRD)

X-ray Diffraction adalah teknik analisis yang cepat terutama digunakan untuk identifikasi fase dari bahan kristal dan dapat memberikan informasi tentang dimensi sel satuan.

Alat X-ray difraktometer ini terdiri dari tiga elemen dasar: sebuah tabung sinar-X, pemegang sampel, dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan dalam tabung sinar katoda dengan memanaskan filament untuk menghasilkan electron, mempercepat electron menuju target dengan menerapkan tegangan dan menembak bahan target dengan electron. Ketika electron memiliki energy yang cukup untuk mengeluarkan electron shell dalam diri bahan target, karakteristik spectrum sinar-X dihasilkan. Spektrum ini terdiri dari beberapa komponen $K\alpha$ yang paling umum dan $K\beta$. $K\alpha$ terdiri dari $K\alpha_1$ dan $K\alpha_2$. $K\alpha_1$ memiliki panjang gelombang lebih pendek dan dua kali intensitas sebagai $K\alpha_2$.

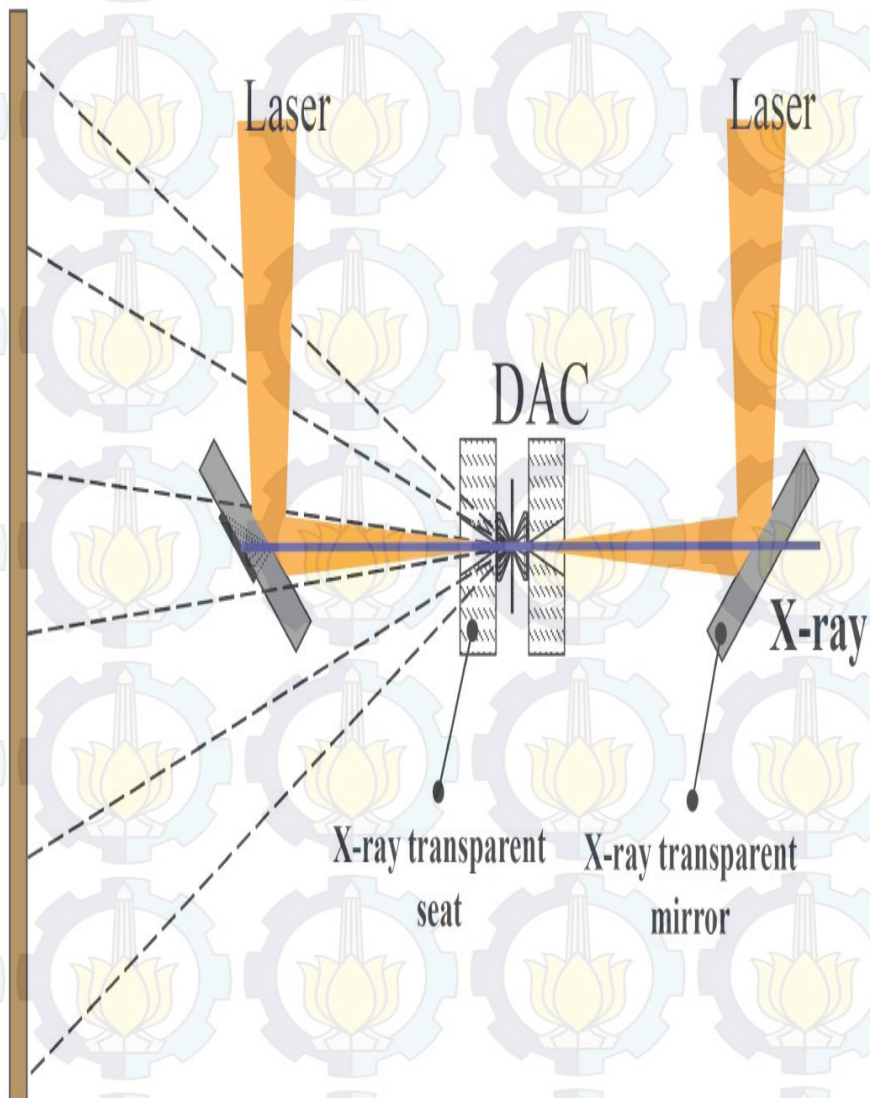
Aplikasi lain meliputi:

- karakterisasi bahan kristal
- identifikasi mineral fine-grained seperti tanah liat dan lapisan lempung campuran yang sulit untuk menentukan optik
- penentuan dimensi sel satuan
- pengukuran kemurnian sampel

Dengan teknik khusus, XRD dapat digunakan untuk:

- menentukan struktur kristal dengan menggunakan Rietveld refinement
- menentukan jumlah modal mineral (analisis kuantitatif)

- ciri film tipis sampel dengan:
 - menentukan kisi mismatch antara film dan substrat dan untuk menyimpulkan stres dan ketegangan
 - menentukan kerapatan dislokasi dan kualitas film dengan goyang pengukuran kurva
 - mengukur superlattices dalam struktur epitaxial berlapis-lapis
 - menentukan ketebalan, kekasaran dan kepadatan film menggunakan melirik kejadian X-ray pengukuran reflektifitas
- membuat pengukuran tekstur, seperti orientasi butir, dalam sampel polikristalin



Gambar 2.3 Skema Peralatan X-Ray Diffraction(XRD)(www.serc.carleton.edu)

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya tentang sintesis koloid nanopartikel dengan hidrolisis *zinc acetate* pertama kali dikenalkan oleh Spanhel & Anderson (1991). Dalam metode ini, sol ZnO dibuat dalam larutan *ethanol*, dan diameter partikel ZnO yang dihasilkan dapat mencapai hingga di bawah 3 nm. Abdullah (2004) meneliti trapping ZnO dengan matriks silika dengan menggunakan precursor TEOS (*Tetraethyl Ortho Silicate*) sebagai sumber silika dan metode *spray drying* untuk menghasilkan partikel ZnO-Silika dengan menggunakan nitrogen sebagai gas pembawa ke *furnace*. Liu et al. (1991) membuat sol nanopartikel silika dari *waterglass* pada kondisi asam dan basa dengan cara melewati melalui resin penukar kation dan anion untuk menghilangkan impuritis dalam bentuk baik anion maupun kation. Maula dan Ruliawati (2012) mensintesa partikel nanokomposit ZnO-Silika dengan metode kombinasi sol-gel dan *flame spray pyrolysis*, namun partikel yang dihasilkan kurang seragam. Puspitaningtyas dan Yonanda (2013) membuat penelitian tentang pengaruh suhu *furnace* dan rasio konsentrasi prekursor terhadap karakteristik nanokomposit ZnO-Silika.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh kondisi operasi pengeringan dengan metode *flame spray drying* dan *spray drying*.


3.1 Flame Spray Drying

3.1.1 Bahan yang Digunakan:

- a. Kristal KOH 98 % berat Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany
- b. *Waterglass* NaO 8% berat, SiO₂ 27% berat, Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany
- c. Aquadest
- d. Gas LPG 14,3 kg 97% Propane & Butane, 2% campuran Pentane
- e. Udara bertekanan 20 psi
- f. Resin Kation (Lewatit C249)

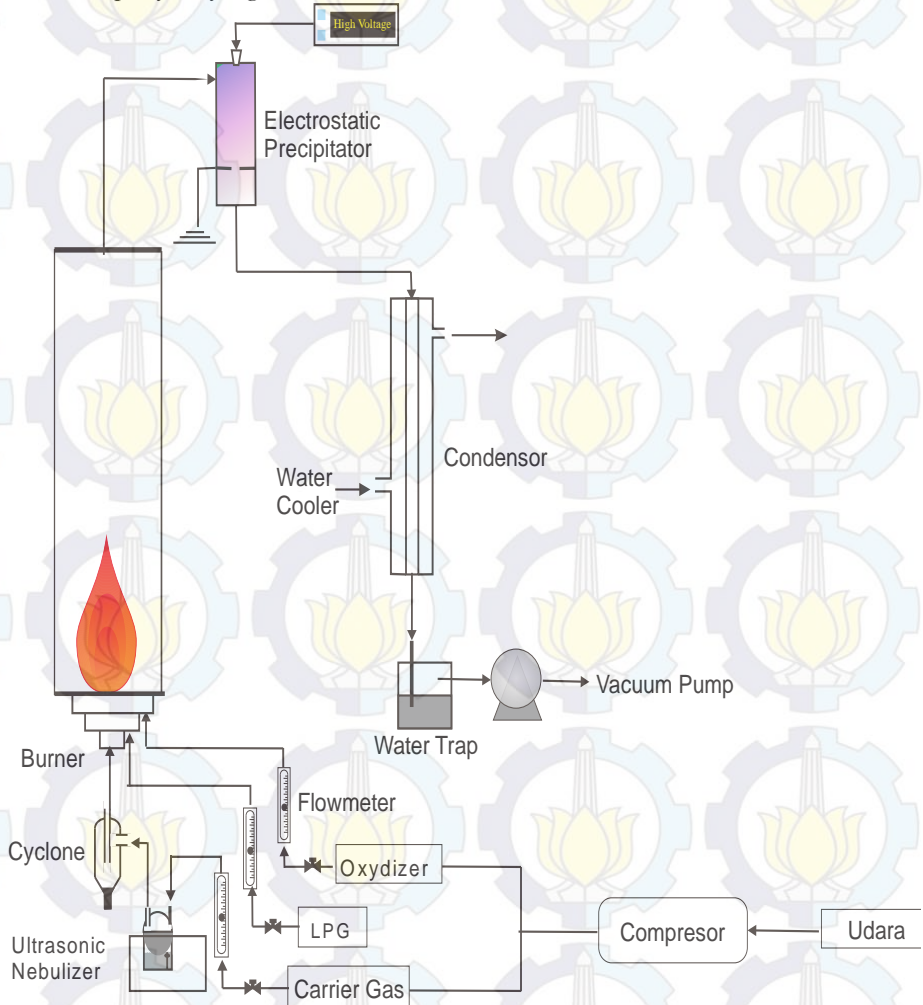
3.1.2 Peralatan yang Digunakan

1. Flowmeter (KOFLOC RK 1200, Jepang) berfungsi sebagai pengukur laju aliran gas oksigen, gas pembawa serta fuel gas.
2. Ultrasonic nebulizer (OMRON NE-U17, Jepang) berfungsi sebagai penghasil droplet larutan yang akan dispray menuju zona pembakaran.
3. Cyclone (homemade) berfungsi untuk memisahkan droplet yang berukuran relatif besar dari larutan prekursor.
4. Burner (homemade) berfungsi sebagai sumber panas. Burner ini tersusun dari tiga tube konsentris dengan center tube (D = 1,7 cm) sebagai tempat masuknya prekursor sedangkan dua tube pada bagian tepi sebagai tempat masuknya fuel gas (LPG) (D = 2,2 cm) dan udara bebas (D = 2,7 cm). Burner ini memiliki panjang 8,5 cm.

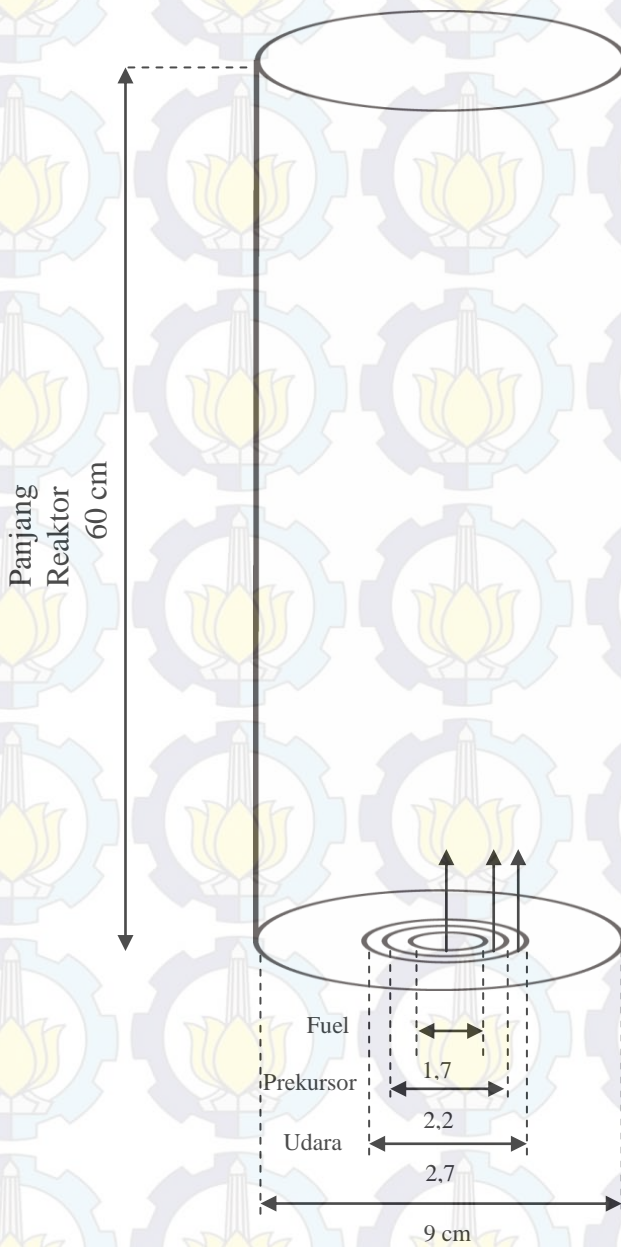
- 
5. Electrostatic Precipitator (homemade) berfungsi menangkap partikel yang dihasilkan pada proses flame.
 6. Water Trap (homemade) berfungsi untuk menangkap air dari condensat.
 7. Vacuum pump (1-stage vacuum pump, KW 19-534, 1/2 HP) berfungsi untuk menarik gas hasil proses flame.
 8. Compresor udara (Hitachi, 0,75OU-8,5S, USA) untuk menghasilkan udara dengan tekanan yang lebih tinggi.

3.1.3 Skema Alat

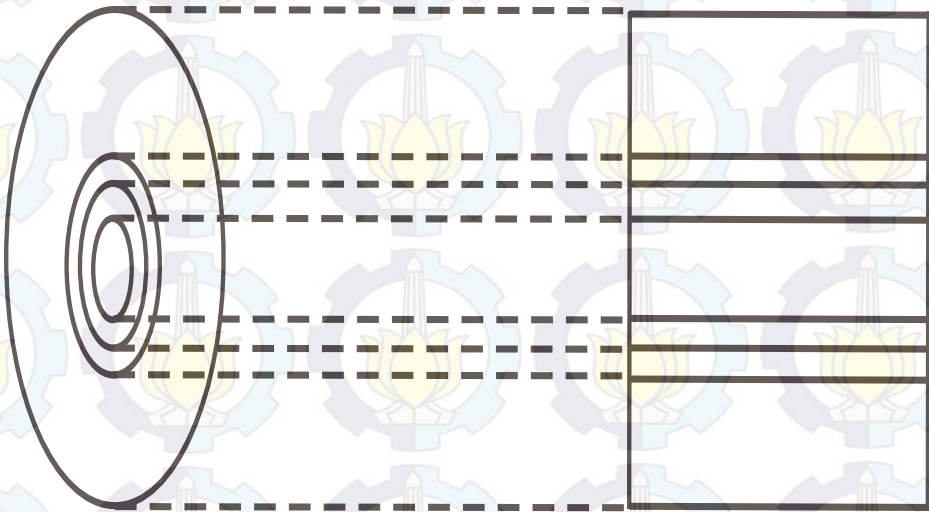
Gambar 3.1 memperlihatkan gambar skema peralatan *Flame Spray Drying*



Gambar 3.1 Skema Peralatan *Flame Spray Drying*



Gambar 3.2Skema Geometri Reaktor *Flame Spray Drying*



Gambar 3.3 Skema Burner

Dimensi burner	
Diameter Prekursor Inlet	: 1,7 cm
Diameter Fuel Inlet	: 2,2 cm
Diameter Udara Inlet	: 2,7 cms
Panjang	: 60 cm
Diameter Reaktor	: 9 cm

3.1.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi 2 tahap, yaitu pembuatan larutan precursor silica dan pembentukan partikel dengan menggunakan peralatan *flame spray drying* dan *spray drying*.

3.1.4.1 Pembuatan Larutan Prekursor

Sol silica atau yang disebut juga *silicic acid hydrosol* dibentuk dari disperse partikel SiO_2 koloid dalam air. Sumber SiO_2 didapat dari *sodium silicate (waterglass)*. *Silicic acid* terbentuk dengan cara melewati *waterglass* ke dalam resin kation. Didalam penelitian ini pembuatan sol silica 0,1 M dibuat dengan melarutkan 3.306 ml *waterglass* kedalam *aquadest* 200 ml pada temperatur 60°C kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Aktivasi resin kation menggunakan larutan HCl 2 N. Untuk mengaktifkannya resin yang akan dipakai sebelumnya direndam dulu dalam larutan HCl agar resin dalam keadaan asam. Larutan HCl yang digunakan sebanyak 100 ml. Setelah diaktivasi resin dibilas dengan *aquadest* sebelum dikontakkan dengan larutan *waterglass*, hal inidimaksudkan agar resin bebas dari klorin. Di dalam resin kation terjadi pertukaran ion Na^+ dari larutan dengan ion H^+ . Prosesnya dapat dijelaskan dengan reaksi berikut :



Kemudian larutan asam silikat tersebut ditetesi 0,1 M KOH saat larutan tersebut diaduk menggunakan stirrer untuk menaikkan pH nya sampai 7. Ketika dalam kondisi basa ini larutan tersebut terpolimerisasi dan membentuk koloida partikel silica. Dalam pembuatan sol silica yang perlu diperhatikan adalah pH sol yang terbentuk. Sol silica dikatakan stabil saat pH $\pm 1-3$ dan pH ± 7 . Agar pH bisa dijaga agar tidak terlalu besar, kontrol pH dilakukan menggunakan pH meter. Untuk menaikkan pH sesuai variabel kita menambahkan KOH sedikit demi sedikit dengan larutan tetap diaduk menggunakan stirrer agar larutan homogen dengan pH yang sama.

3.1.4.2 Pengeringan Partikel

Rangkaian alat penelitian ini tersusun seperti pada Gambar 3.1. Penelitian ini dimulai dengan meletakkan larutan prekursor yang telah dibuat sebelumnya kedalam ultrasonic nebulizer. Ultrasonic nebulizer akan mengubah bentuk larutan prekursor menjadi droplet-droplet yang kemudian akan dibawa oleh udara yang berperan sebagai pembawa gas. Udara sebagai carrier gas ini sebelumnya telah dialirkan melewati silika gel untuk menghilangkan kandungan airnya. Droplet-droplet larutan prekursor dibawa menuju cyclone untuk didapatkan droplet-droplet dengan ukuran yang lebih kecil dan lebih seragam. Laju oxidizer di set 1 liter/menit, oxydizer diperlukan sebagai udara pembakaran karena bila tidak ada udara dari oxydizer flame akan mati. Sedangkan laju carrier gas di set 1 liter/ menit untuk menyeimbangkan dengan rate fuel gas sebesar 0,5 liter/ menit. Untuk penelitian *Flame Spray Drying* ini digunakan kondisi operasi dengan suhu 150°C dan tekanan 20 psi.

Kemudian droplet dibawa menuju burner dan masuk kedalam reaktor untuk dikeringkan menjadi partikel. Aliran keluar reaktor akan masuk kedalam electrostatic precipitator yang berfungsi untuk menangkap partikel yang dihasilkan. Sisa gas pembakaran akan dihisap dengan menggunakan vacuum pump dan terus dialirkan menuju kondensor untuk dikondensasi. Air yang terkondensasi kemudian ditangkap didalam water trap, sedangkan gas sisa lainnya dikeluarkan melalui saluran pembuangan.

3.2 Spray Drying

3.2.1 Bahan yang Digunakan:

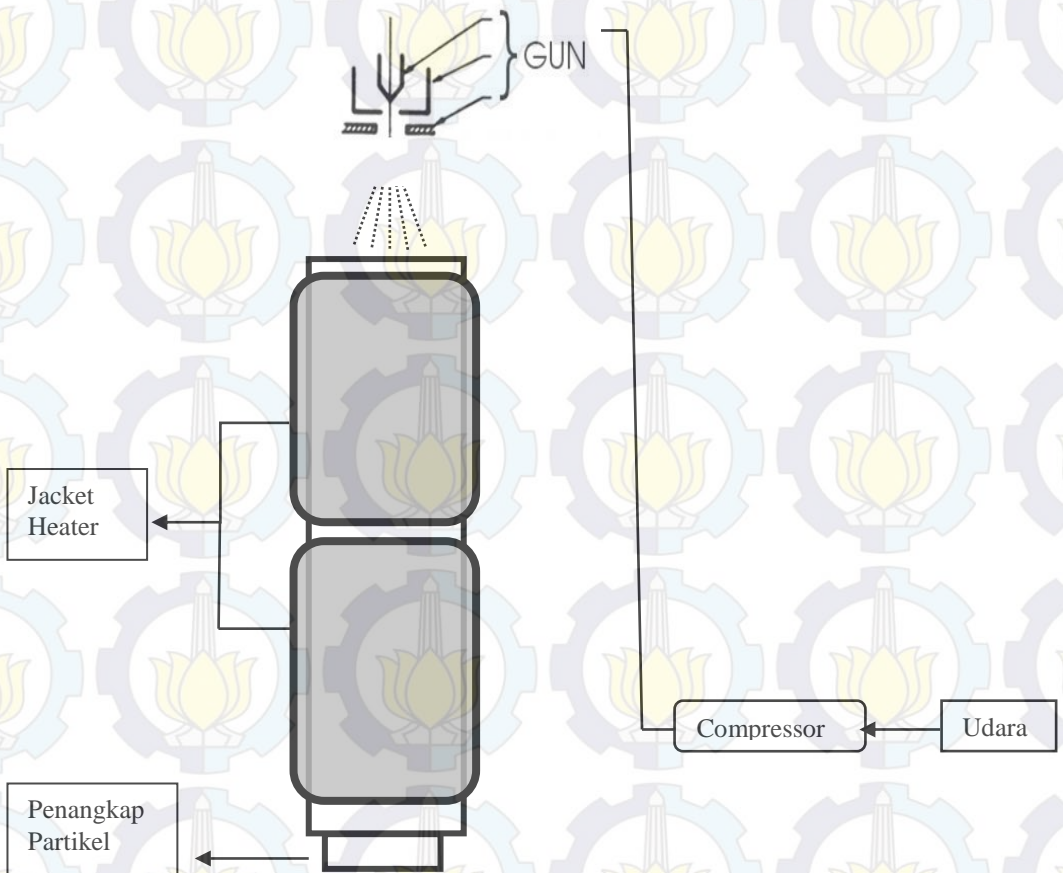
- Kristal KOH 98 % berat Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany
- Waterglass NaO 8 % berat, SiO₂ 27 % berat, Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany
- Aquadest

- d. Slurry Zinc Oxide 56 % berat (PT. Citra CakraLogam)
- e. Udara
- f. Resin Kation (Lewatit C249)

3.2.2 Peralatan yang Digunakan

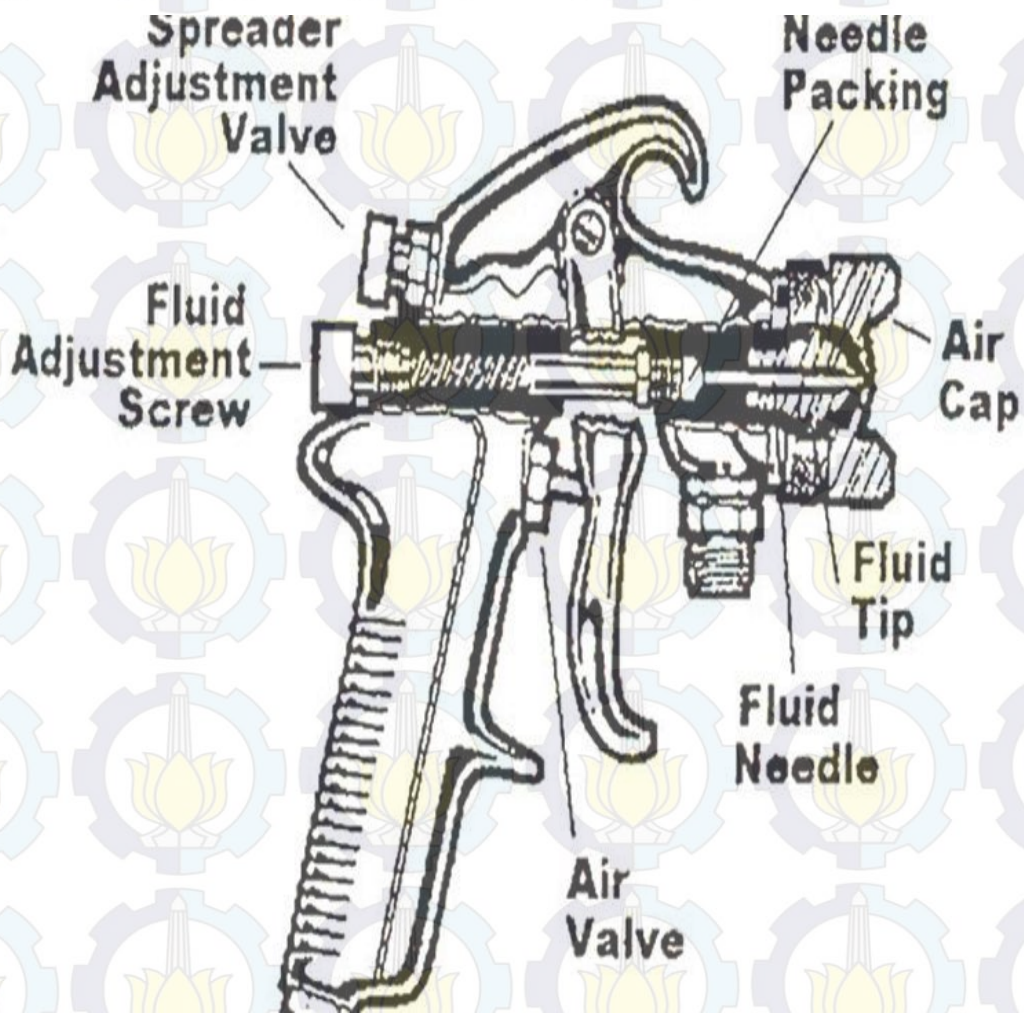
1. Compresor udara (Hitachi, 0,75OU-8,5S, USA) untuk menghasilkan udara dengan tekanan yang lebih tinggi.
2. Spray gun (Krisbow Composite Spray Gun, F-75 G) berfungsi untuk menspray larutan.

3.2.3 Skema Alat



Gambar 3.4 Skema Spray Drying

Spesifikasi Spray
Nozzle Diameter 1,5 mm
Working Pressure : 3,5 -5 bar



Gambar 3.5 Skema Spray Gun

3.2.4 Pengerinan Partikel

Prinsip dasar Spray drying adalah memperluas permukaan cairan yang akan dikeringkan dengan cara pembentukan droplet yang selanjutnya dikontakkan dengan udara pengering yang panas. Metode ini dimulai dengan memanaskan silinder kaca dengan memasang jacket ribbon heater di silinder kaca. Hal ini berguna untuk menjaga silinder kaca agar tetap pada suhu 200°C, suhu dimana larutan sol silika akan bisa menjadi partikel ketika dilakukan spray drying. Kemudian larutan prekursor yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam spray gun untuk kemudian dispray secara vertikal ke arah tabung, ini juga yang membedakan dengan metode flame adalah arah aliran dari droplet spray drying ini dari atas ke bawah, sedangkan flame spray drying sebaliknya dari bawah ke atas. Di percobaan spray drying ini juga dilakukan pengeringan slurry zinc oxide. Dimana untuk pengeringan slurry zinc oxide ini menggunakan variabel tekanan operasi yang didapatkan dari aliran udara yang keluar dari compressor. Pada percobaan ini digunakan variabel tekanan 20, 30 dan 40 psi.

3.3 Variabel Penelitian

Tabel 3.1 Variabel penelitian

METODE	PRECURSOR	OXYDIZER	CARRIER GAS	Fuel gas	pH	PRESSURE	TEMPERATURE
FLAME SPRAY DRYING	SOL SILIKA	1 liter/menit	1 liter/menit	0,5 liter/menit	9	20 psi	150°C pada electric precipitator
					10		
SPRAY DRYING	SOL SILIKA	-	-	-	9	20 psi	200°C
					10		
	SLURRY ZnO	-	-	-	-	30 psi	
						40 psi	
						50 psi	

3.4 Karakterisasi Partikel

Morfologi partikel yang dihasilkan melalui *flame spray drying* dan Spray Drying dianalisa menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan tipe Zeiss Evo MA LS, Cambridge, England. Untuk menganalisa kristalinitas partikel digunakan XRD (*X Ray Diffraction*) dan tipe X'pert Philips, Netherland. Sedangkan untuk menganalisa luas permukaan menggunakan Analisa BET (Brunauer-Emmet-Teller).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH pada proses drying silika menggunakan flame spray drying. Dan untuk drying ZnO penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan operasi pada pengeringan slurry ZnO. Untuk mengetahui pengaruh pH dalam proses pengeringan ini maka digunakan variable 2 metode, yaitu *Flame Spray Drying* dan *Spray Drying*. Selain itu juga kita menggunakan variable pH yaitu pH 9 dan pH 10.

Dari variabel percobaan yang sudah dilakukan didapatkan hasil yang bervariasi pula. Berdasarkan variabel percobaan yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil dan analisa dari penelitian ini, yaitu :

1. Kristalinitas Partikel
2. Morfologi Partikel
3. Luas Permukaan Partikel

4.1 Flame Spray Drying

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dengan menggunakan metode *Flame Spray Drying* didapatkan partikel, meskipun dalam jumlah sedikit. Dibandingkan dengan metode *Spray Drying*, metode *Flame Spray Drying* ini lebih sedikit dalam menghasilkan partikel. Dalam percobaan *Flame Spray Drying* ini digunakan kondisi operasi suhu pada *Electrostatic Precipitator* 150°C. Hal ini dikarenakan partikel dari silika memiliki suhu optimal untuk membentuk partikel dalam range 150°C – 200°C. Selain itu penelitian ini juga menggunakan kondisi operasi untuk tekanan 20 psi. Tekanan ini didapatkan dari *compressor* yang menyerap udara bebas agar bisa dikonversikan menjadi udara yang berperan sebagai *carrier gas* dan juga sebagai *oxidizer* yang menghasilkan zona pembakaran difusi. Dalam percobaan dengan metode ini, digunakan kondisi operasi rate *carrier gas* 1 L/min dan juga rate *Oxidizer* 1 L/min. Selain kondisi operasi yang

dihasilkan dari udara yang keluar dari *compressor*, selain itu dalam percobaan *Flame Spray Drying* ini yang membedakan dengan metode *Spray Drying* adalah kondisi operasi yang menggunakan Pembakaran. Maka dari itu dalam percobaan ini menggunakan rate LPG sebesar 0,5 L/min. Rate dari *carrier gas*, *oxidizer* dan LPG bisa dijadikan variabel, hanya saja dalam penelitian ini kita tidak menggunakan variabel tersebut, karena untuk mengontrol rate dari ketiganya secara langsung sedikit susah untuk rate yang lain, karena flowmeter LPG yang digunakan sudah sedikit rusak. Sehingga dalam penelitian ini difokuskan untuk mencari keadaan *flame* yang paling stabil.

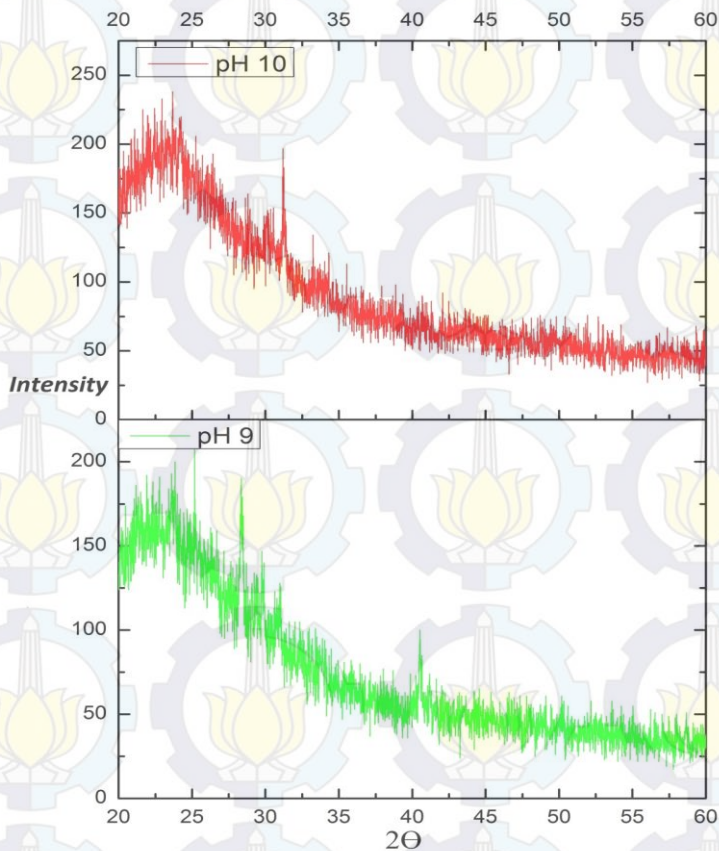
4.1.1 Kristalinitas Partikel

Untuk menganalisa kristalinitas partikel dalam penelitian menggunakan metode *Flame Spray Drying* ini kami menggunakan analisa XRD (X-Ray Diffraction). Dari hasil analisa XRD yang sudah didapatkan, bisa didapatkan bahwa ukuran kristal partikel dan juga grafik yang didapatkan dari penelitian yang nantinya akan dibandingkan dengan grafik jcpds yang dijadikan *reference*.

4.1.1.1 Silika

Dari semua variabel dalam percobaan ini yang menggunakan model silika, semuanya memiliki gambar grafik yang hampir sama dengan *reference* silika, hanya saja ada perbedaan pada tinggi dan juga posisi dari *peak*. Hasil analisa XRD untuk partikel silika disajikan pada Gambar 4.1. Gambar itu menjelaskan bahwa dengan variasi 2 metode dan juga variasi 2 pH didapatkan hasil yang bervariasi pula. Untuk metode *Flame Spray Drying*, pada pH 9 didapatkan ukuran kristal partikel sebesar 48,98 nm yang diukur dari sudut $28,36^\circ$. Sementara pada pH 10 didapatkan ukuran partikel yang lebih besar yaitu 150,57 nm yang diukur dari sudut $60,88^\circ$. Hal ini sesuai dengan literatur, bahwa semakin tinggi pH maka semakin besar ukuran kristal partikel, dengan kata lain bahwa semakin larutan silika itu bersifat

basa maka semakin besar ukuran kristal yang terbentuk, karena pH optimal silika berada sekitar pH 9. Dari gambar dapat dilihat bahwa puncak (*peak*) yang dihasilkan tidak terlalu tajam. Ini disebabkan partikel yang dihasilkan tidak sepenuhnya berupa kristal dan sebagian masih berupa amorf.

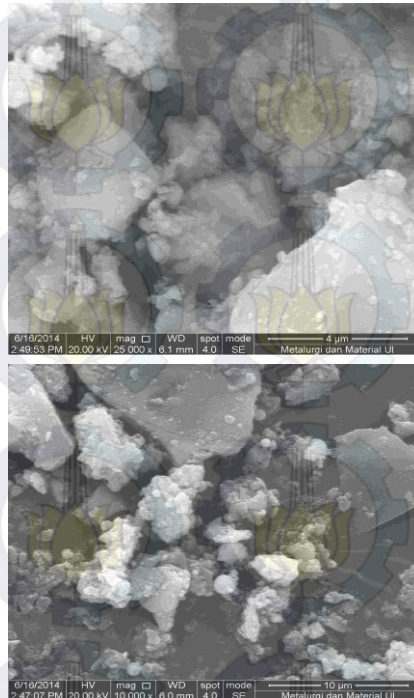


Gambar 4.1 Hasil Analisa XRD Silika Dengan Metode Flame Spray Drying

4.1.2 Morfologi Partikel

4.1.2.1 Silika

Untuk mengetahui morfologi dari partikel yang sudah dikeringkan, dalam penelitian ini menggunakan analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*). Dari hasil analisa SEM yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, dimana untuk silika sendiri didapatkan hasil bahwa morfologi partikel dari silika berbentuk bulat kecil-kecil. Hasil analisa SEM ini diambil pada perbesaran 10.000 dan 25.000 kali lipat, karena pada perbesaran ini partikel silika dapat terlihat paling jelas daripada perbesaran yang lainnya. Pada gambar terlihat ada beberapa partikel kecil yang membentuk satu kumpulan besar.



Gambar 4.2 Hasil Analisa SEM Silika Dengan Metode Flame Spray Drying

4.2 Spray Drying

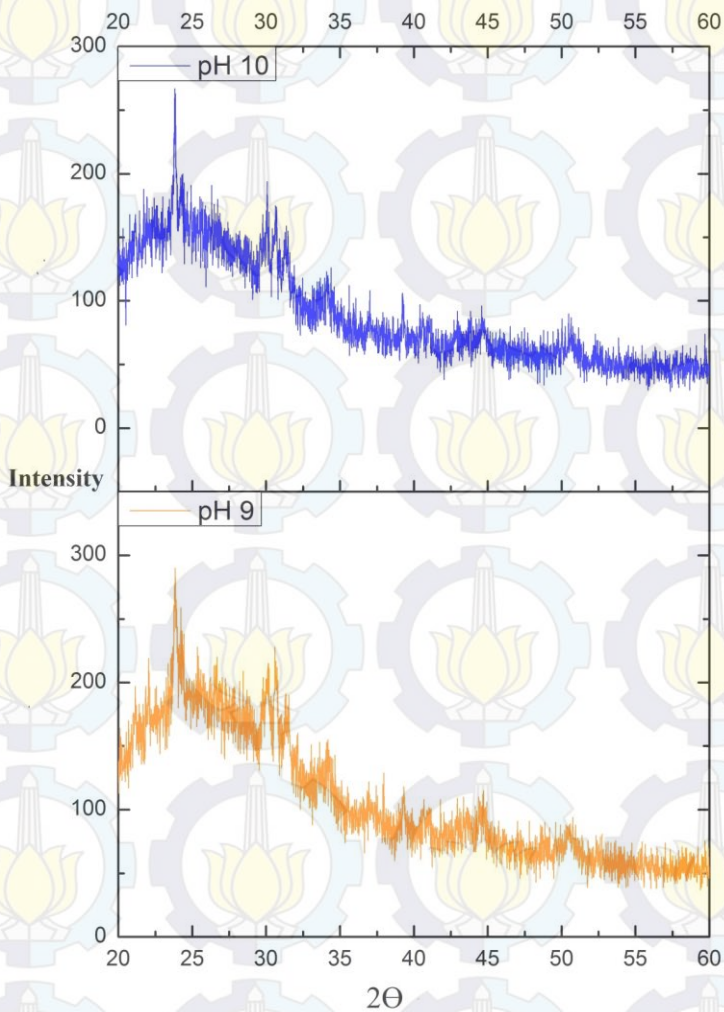
Percobaan dengan menggunakan metode *Spray Drying* ini lebih sering digunakan daripada *Flame Spray Drying*, metode ini mempunyai variasi penggunaan yang sangat banyak. Salah satunya adalah dengan menggunakan *Spray Gun*. Percobaan ini dimulai dengan memanaskan tabung kaca dengan menggunakan *Jacket Heater*. Hal ini bermaksud untuk mempertahankan suhu di dalam tabung kaca untuk pengeringan. Dimana untuk sol silika suhu dipertahankan antara 150°C-200°C. Sementara untuk slurry ZnO suhu dipertahankan diatas 200°C

4.2.1 Kristalinitas Partikel

Untuk menganalisa kristalinitas partikel dalam penelitian menggunakan metode *Flame Spray Drying* ini kami menggunakan analisa XRD (X-Ray Diffraction). Dari hasil analisa XRD yang sudah didapatkan, bisa didapatkan bahwa ukuran kristal partikel dan juga grafik yang didapatkan dari penelitian yang nantinya akan dibandingkan dengan grafik *jpegds* yang dijadikan *reference*.

4.2.1.1 Silika

Sama seperti yang terjadi pada metode *Flame Spray Drying*, pada metode *Spray Drying* ini juga didapatkan hasil yang hampir sama. Dimana pada pH 9 didapatkan ukuran kristal partikel 60,68 nm yang didapatkan pada sudut 23,83°. Sedangkan pH 10 didapatkan partikel sebesar 60,69 nm yang didapatkan dari sudut 23,82°. Dari gambar dapat dilihat bahwa puncak (*peak*) yang dihasilkan tidak terlalu tajam. Ini disebabkan partikel yang dihasilkan tidak sepenuhnya berupa kristal dan sebagian masih berupa amorf. Hasil analisa XRD untuk silika dengan metode *Spray Drying* ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini:

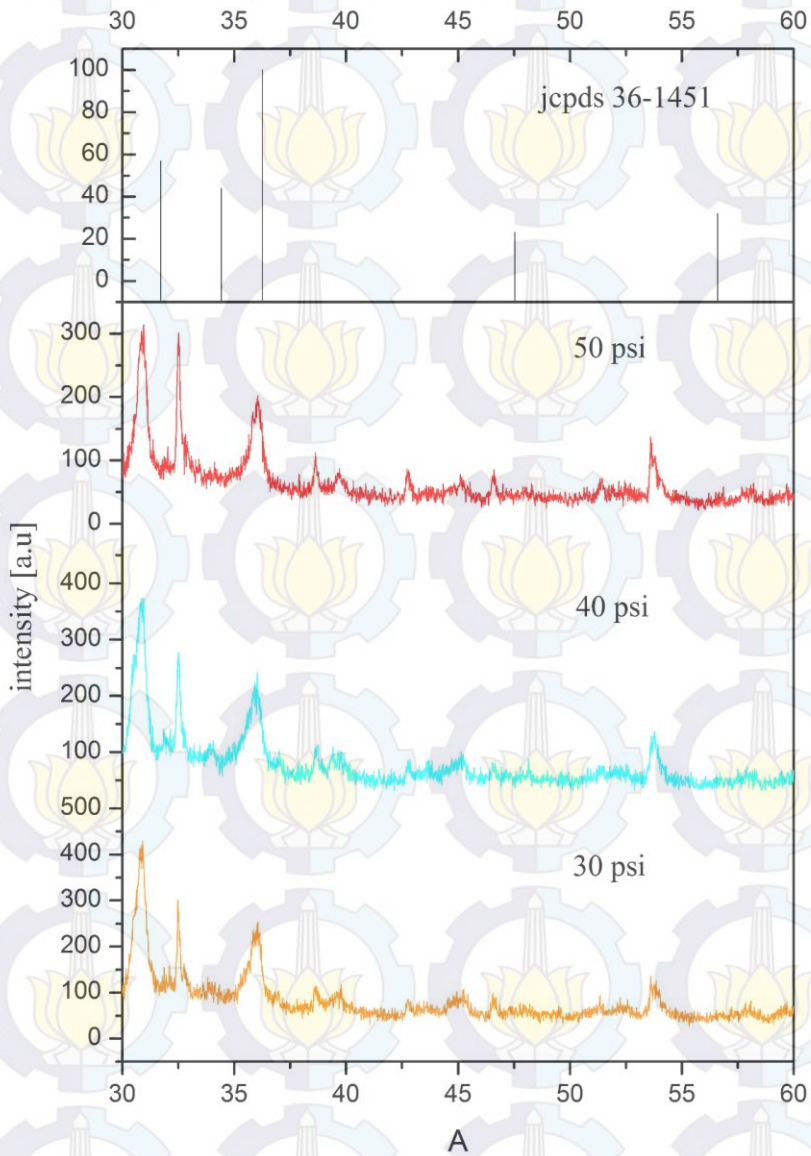


Gambar 4.3 Hasil Analisa XRD Silika Dengan Metode Spray Dying

4.2.1.2 ZnO

Hasil analisa XRD untuk slurry ZnO dapat dilihat dari Gambar 4.3. Gambar tersebut memperlihatkan grafik hasil analisa XRD untuk berbagai variabel tekanan operasi dimana grafik tersebut memiliki puncak (*peak*) yang hampir sama dengan grafik referencenya dimana puncak untuk partikel ZnO. Grafik reference yang diambil sendiri dari jcpds ZnO 36-1451.

Dari hasil analisa XRD didapatkan juga ukuran kristal partikel, untuk tekanan operasi 30 psi ukuran kristal partikel yang terbentuk sebesar 30,80 nm yang didapatkan dari sudut $30,91^\circ$. Sedangkan untuk tekanan operasi yang lebih tinggi yaitu 40 psi, ukuran kristal partikel yang didapatkan juga semakin besar dari tekanan operasi sebelumnya yaitu sebesar 35,19 nm yang didapatkan dari sudut $30,88^\circ$. Begitu juga dengan tekanan operasi 50 psi yang menghasilkan ukuran kristal partikel yang paling besar yaitu sebesar 61,85 nm yang didapatkan dari sudut $32,52^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan operasi maka semakin besar ukuran kristal partikel yang dihasilkan. Dari data tersebut juga dapat dilihat bahwa untuk ukuran kristal sendiri dapat ditemukan di sudut yang tidak berbeda jauh satu sama lain, ini berarti bahwa grafik yang didapatkan untuk setiap variabel mempunyai *trend* yang sama dengan grafik *reference* dari ZnO sendiri.

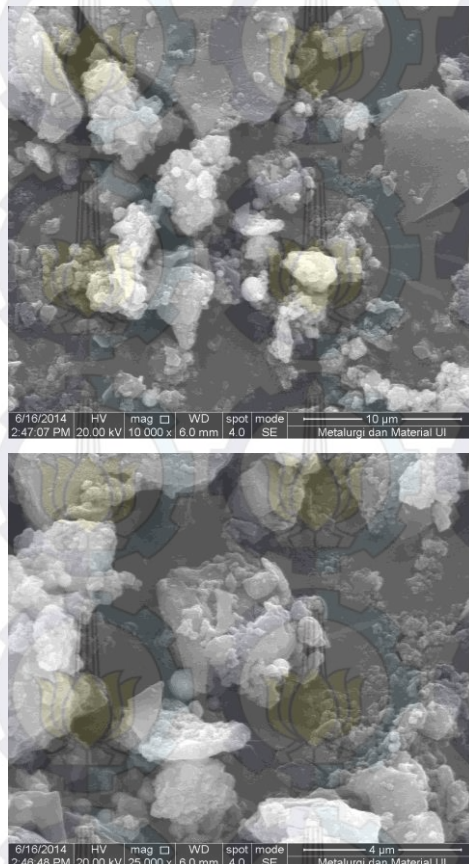


Gambar 4.4 Hasil Analisa XRD ZnO Dengan Metode Spray Drying

4.2.2 Morfologi Partikel

4.2.2.1 Silika

Sebagai contoh, seperti yang terjadi pada metode *Flame Spray Drying*, pada metode *Spray Drying* ini juga didapatkan hasil yang hampir sama. Partikel dari silika yang terbentuk juga mempunyai morfologi bulat kecil-kecil dan juga ada gumpalan besar juga yang terjadi. Hal ini terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini :

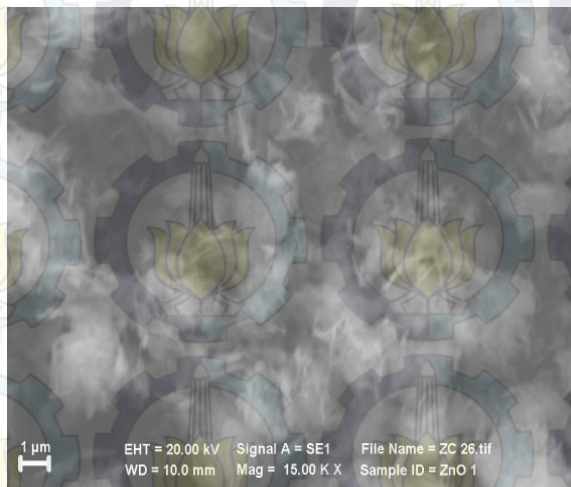
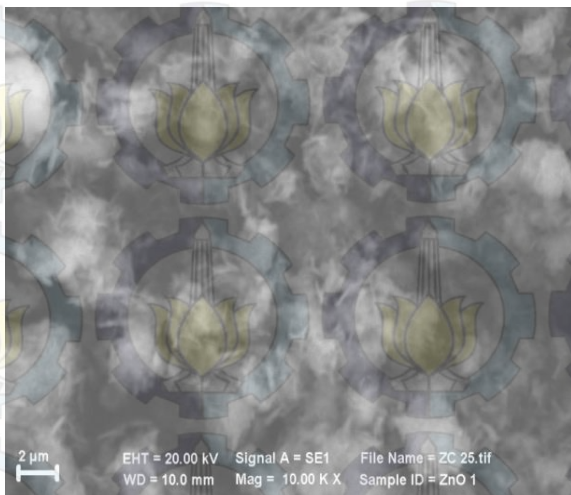


Gambar 4.5 Hasil Analisa SEM Silika Dengan Metode Spray Dying

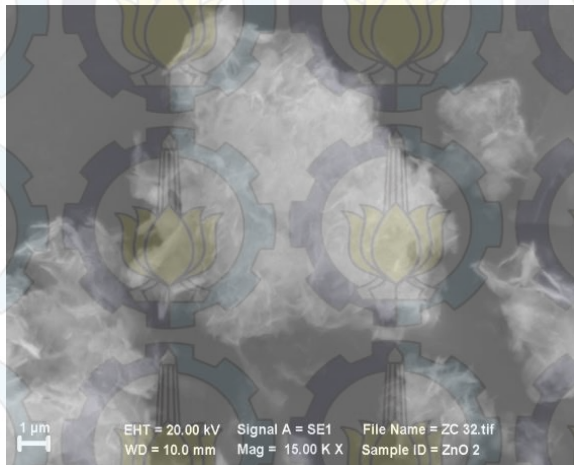
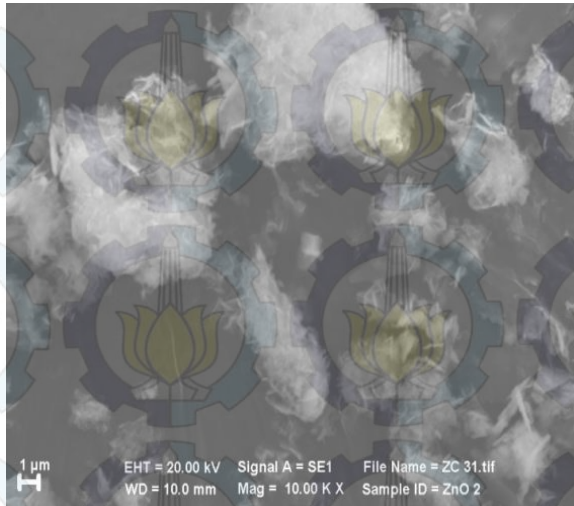
IV.2.2.2 ZnO

Dari hasil analisa SEM yang ditunjukkan pada gambar 4.2, 4.3 dan 4.4 untuk ZnO didapatkan hasil bahwa morfologi partikel dari ZnO berbentuk seperti jarum. Hasil analisa SEM ini diambil pada perbesaran yang sama, yaitu dengan perbesaran 10.000 dan 15.000 kali lipat, karena pada perbesaran ini partikel ZnO dapat terlihat paling jelas daripada perbesaran yang lainnya. Untuk variabel yang berbeda tetap berbentuk seperti jarum, namun ada perbedaan struktur yang dihasilkan untuk tiap variabel. Dari ketiga gambar yang idapat terlihat bahwa semakin tinggi tekanan operasi maka partikel akan cenderung lebih mengelompok menjadi satu gumpalan.

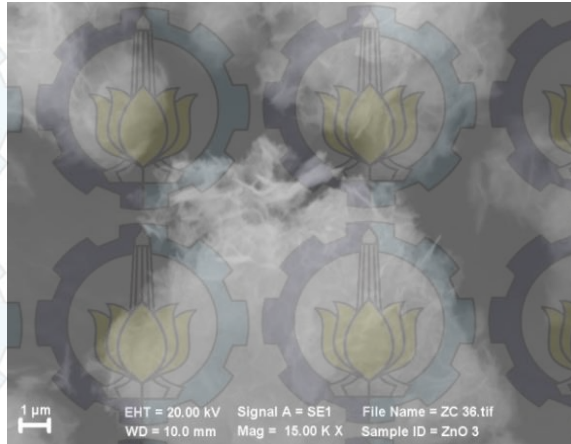
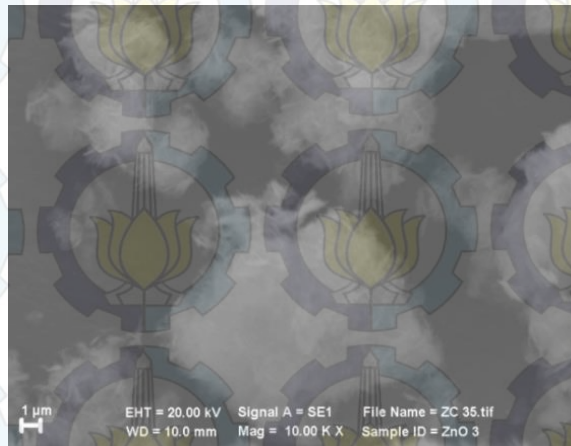
Seharusnya dengan analisa SEM dapat menghitung rata-rata diameter partikel, namun partikel ZnO yang didapatkan sangat kecil dan berbentuk tipis sehingga banyak yang berkumpul menjadi gumpalan yang lebih besar, hal ini yang dinamakan Aglomerasi, yaitu berkumpulnya partikel-partikel kecil menjadi gumpalan yang lebih besar.



Gambar 4.6 Hasil Analisa SEM ZnO 30 psi



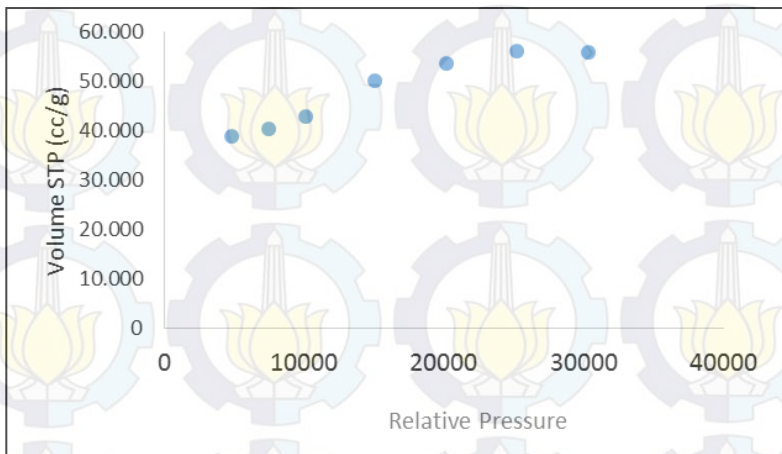
Gambar 4.7 Hasil Analisa SEM ZnO 40 psi



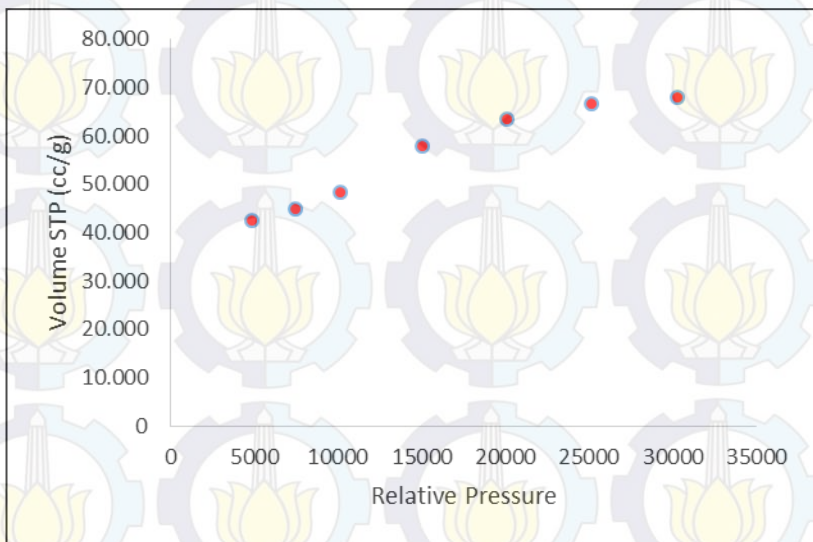
Gambar 4.8 Hasil Analisa SEM ZnO 50 psi

4.2.3 Luas Permukaan Partikel

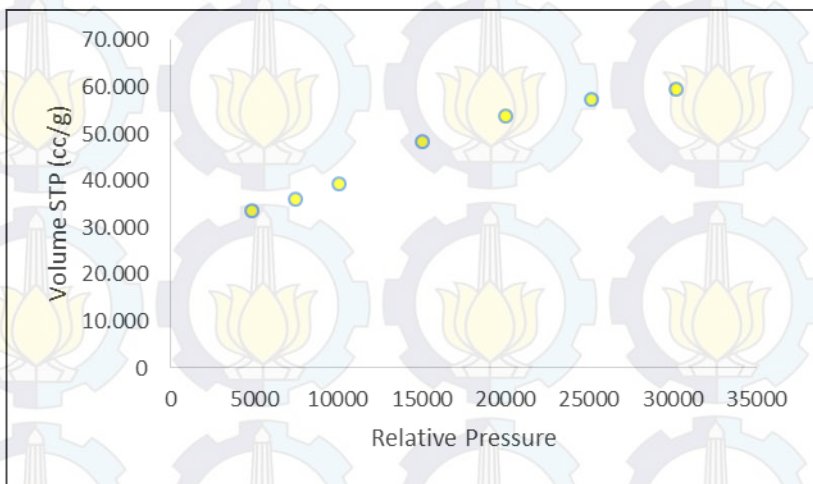
Untuk mengetahui luas permukaan dari partikel digunakan analisa BET (Brunauer-Emmet-Teller). Hasil analisa BET dapat dilihat pada gambar 4.5, 4.6 dan 4.7. Dari gambar tersebut memperlihatkan grafik hasil analisa BET untuk variabel tekanan operasi dimana grafik tersebut menunjukkan plot antara Relative Pressure dengan Volume STP. Pada gambar 4.5 dijelaskan hasil analisa BET untuk variabel 30 psi didapatkan luas permukaan sebesar $17,36 \text{ m}^2/\text{g}$. Pada gambar 4.6 dijelaskan hasil analisa BET untuk variabel 40 psi didapatkan luas permukaan sebesar $21,62 \text{ m}^2/\text{g}$. Pada gambar 4.7 dijelaskan hasil analisa BET untuk variabel 50 psi didapatkan luas permukaan sebesar $19,52 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil analisa yang didapatkan tidak linear dikarenakan analisa BET membutuhkan jumlah partikel yang sangat banyak, namun partikel ZnO yang bisa dihasilkan hanya sedikit.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Analisa BET ZnO 30 psi



Gambar 4.10 Grafik Hasil Analisa BET ZnO 40 psi



Gambar 4.11 Grafik Hasil Analisa BET ZnO 50 psi

Menurut literatur, semakin besar tekanan yang diberikan maka akan semakin kecil luas permukaan yang didapatkan. *Surface area* sangat mempengaruhi property fisik dan kimia dari partikel. Surface area dari material padat diukur dari kemampuan fisik untuk menyerap gas pada permukaan padatan tersebut kemudian menghitung jumlah gas yang teradsorbsi terhadap lapisan monomolecular pada permukaan.



Gambar 4.12 Klasifikasi grafik isothermis menurut IUPAC

Jika membandingkan hasil percobaan menggunakan spray drying grafik BET ZnO dengan gambar diatas maka menyerupai dengan grafik type I yang menunjukkan bahwa ZnO memiliki external surface yang kecil (Abdelaal, 2013).

Semakin tinggi surface area, tekstur, morfologi, struktur kristal, komposisi kemurniannya dan kandungan sisa liquid yang sedikit menunjukkan bahwa hasil dari spray drying lebih baik daripada metode lain (Madler, 2004).

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Partikel sol silica dan slurry ZnO dapat dibuat dengan metode *flame spray dryer* dan *spray dryer*
2. Dari hasil analisa XRD Silika didapatkan bahwa semakin tinggi pH larutan prekursor maka semakin besar ukuran kristal partikel yang dihasilkan
3. Dari hasil analisa SEM didapatkan bahwa morfologi dari ZnO berbentuk seperti jarum.
4. Dari hasil analisa XRD didapatkan bahwa semakin tinggi tekanan maka semakin besar ukuran kristal partikel.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis adalah :

1. Mengganti flowmeter LPG yang kurang bagus.
2. Memperbaiki *Electrostatic Precipitator* agar dapat menangkap partikel.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., F.Iskandar, K.Okuyama, (2001) : *Stable Photoluminescence of Zinc Oxide Quantum Dots in Silica Nanoparticles Matrix Prepared by Combined Solgel and Spray Drying Methode*, Journal of Applied Physics, VOL.89, Number 11, 6431-6434
- Abdullah, M.,(2004): *Pengontrolan Spectrum Luminisens nanopartikel ZnO dengan melaluitrapping dalam matriks SiO₂ dengan metode Spray Drying*, INTEGRAL , Vol. 9 No. 2 , 66-75
- Balgis, Ratna dan Setyawan, H.,(2009):*Sintesa Silika Berpori dengan Metode Dual Templating dan Waterglass*, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, 13-18
- Branda. F., Silvestri B., Luciani G., Constantini A., Tescione F., (2011): *Synthesis structure and stability of amino functionalized PEGylated silica nanoparticles*, Colloids and Surfaces, University Campus Step Ri, Croatia
- Deng Z, Wang J, Wei J, Shen J, Zhou B, Chen L (2000): *Physical Properties of Silica Aerogels Prepared with Polyethoxydisiloxane*. *J Sol Gel Sci Technol* 19:677–680
- Greenwood, Norman N., Earnshaw, Alan (1997): *Chemistry of the Elements* (2nd ed.), Oxford.
- Jang, Hee Dong; Wan, Bin; Ring, Terry A (2007):*Journal of the American Ceramic Society* vol. 90 issue. p. 3838-3845
- Kammler, H. K., Mädler, L., Pratsinis, S. E., (2001): *Flame Synthesis of Nanoparticles*,
- Kievet, G. Frank, (1997), *Modelling Quality in Spray Drying*, Eindhoven University of Technologi, The Nedherlands
- Kodas, T. T dan Smith, M. H., (1999):*Aerosol Processing of Materials*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lagaly. G., (1978): *Crystalline Silicic Acids and Their Interface Reactions*. Universitat Kiel, Germany.

Liu, C. Hai., Wang, Xi. Jin., Mao Yan., Chen San Chen., (1991): *The Preparation And Growth of Colloidal Particles of Cocentrated Silica Soils*, Nanjing University, Nanjing.

Marczak, Renata., Segets, Doris., Voigt, Michael., Peukert, Wolfgang (2009) Optimum between purification and colloidal stability of ZnO nanoparticles, Institute of Particle Technology, Germany

Maula., Ruliawati (2012) *Sintesa Partikel Nanokomposit ZnO-Silica dengan Metode Kombinasi sol-gel dan Flame Spray Pyrolysis.*, skripsi 2012., Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Mujumdar, Arun S (2006) Handbook of Industrial Drying, National University of Singapore, CRC Press Online

Ostraat, L. Michele., Swain A. Keith., Krajewski J. James., (2008): *SiO₂ Aerosol Nanoparticle Reactor for Occupational Health and Safety Studies*, DuPont Central Research and Development, North Carolina

Puspaningtyas., Yonanda (2013): *Pengaruh Suhu Furnace dan Rasio Konsentrasi Prekursor Terhadap Karakteristik Nanokomposit ZnO-Silica.*, skripsi 2013., Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Spanhel, Lubomir & Marc A. Anderson.,(1991): *Semiconductor Clusters in the Sol-gel Process:Quantized Aggregation, Gelation and Crystal Growth in Concentrated ZnO Colloids*, J.Am. Chem. SOC 1991, 113, 2826-2833

Strobel, R., Pratsinis, S.E., (2007): *Flame Aerosol Synthesis of Smart Nanostructured Materials*, *Journal of Materials Chemistry*, Vol. 17, hal. 4743 – 4756.

Uhlmann, D.R., Kreidl, N.J. (1983). *Glass: Science and Technology, Vol. 1* Academics Press, New York.

Wells A.F. (1984): *Structural Inorganic Chemistry 5th edition Oxford Science Publications*, Oxford University, Oxford.

Widiyastuti, W., Purwanto, A., Wang, W., Iskandar, F., Okuyama, K., Setyawan, H., (2009): *Nanoparticle*



*Formation Through Solid-Fed Flame Synthesis:
Experiment and Modeling, AIChE Journal, Vol. 55, hal.
885-895.*

www.serc.carleton.edu/ diakses pada tanggal 4 Juni 2014



(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

APPENDIKS

1. Pembuatan Sol Silika

Bahan yang digunakan :

- Sodium Silicate Merck KGaA 64271 Darmstadt Germany 27%
- Aquadest

Menentukan volume Sodium Silicate 0,1 M yang dibutuhkan dalam 200 ml aquadest :

$$gr = M \times volume \times Mr$$

$$= 0,1 \frac{mol}{l} \times 0,2 l \times 60,0855 \frac{gr}{mol}$$
$$= 1,20171 gr$$

$$m_{total} = \frac{100 \%}{27 \%} \times 1,20171 gr$$
$$= 4,45 gr$$

$$BM SiO_2 = 28,0855 + 2 (16)$$
$$= 60,0855 \frac{gr}{mol}$$

$$volume\ campuran = \frac{massa\ total}{\rho\ campuran}$$
$$= \frac{4,45 gr}{1,346 gr/mol}$$
$$= 3,306 ml$$

2. Pembuatan Larutan KOH 0,1 M

Bahan yang digunakan :

- KOH Merck KGaA Darmstadt Germany 98%
- Aquadest

Menentukan massa KOH 0,1 M yang dibutuhkan dalam 200 ml aquadest:

$$gr = M \times volume \times Mr$$

$$= 0,1 \frac{mol}{l} \times 0,2 l \times 56 \frac{gr}{mol}$$

$$= 1,12 gr$$

$$m_{total} = \frac{100 \%}{98 \%} \times 1,12 gr$$

$$= 0,41 gr$$

BIODATA PENULIS



M. Saiful Rizal Kharisma dilahirkan ke dunia dari pasangan Bapak H. Hartoyo dan Ibu Hj. Dra. Mufidah pada jam 20.00 WIB hari Kamis tanggal 8 April 1993 di Kota Pahlawan Surabaya. Penulis mulai menempuh pendidikan formal di MI Irsyadul Ummah Gresik pada tahun 1998. Kemudian melanjutkan di MTS Assa'adah I Gresik pada tahun 2004. Kemudian melanjutkan di SMA Negeri 1 Gresik pada tahun 2007. Pada tahun 2010 melanjutkan ke jenjang pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Di akhir studi S1, penulis mengerjakan Tugas Pra Desain “Pabrik Syngas Dari Batubara Kualitas Rendah Melalui Proses Gasifikasi” dan penulisan buku ini di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng dan Dr Widiyastuti, ST, MT.

Nama : M. Saiful Rizal Kharisma

TTL : Surabaya, 08 April 1993

Alamat: Ds. Pejanganan RT 2 RW 1 Manyar Gresik

HP : 085731814969

Email : izar.kharisma@gmail.com

BIODATA PENULIS



Penulis (Muhammad Rizaldi Zaman) dilahirkan di Malang, 13 Maret 1991 merupakan anak sulung dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK BA Restu Batu, lulus dari SD Laboratorium Malang pada tahun 2003, lulus dari SMPN 3 Malang tahun 2006, dan lulus dari SMAN 4 Malang pada tahun 2009. Kemudian melanjutkan studi di S1 Jurusan Teknik Kimia FTI ITS pada tahun 2010. Di akhir studi S1, penulis mengerjakan Tugas Pra Desain “Pabrik Syngas Dari Batubara Kualitas Rendah Melalui Proses Gasifikasi” dan penulisan buku ini di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng dan Dr Widiyastuti, ST, MT.

Nama : Muhammad Rizaldi Zaman

TTL : Malang, 13 Maret 1991

Alamat: Dirgantara Permai B6/30 Malang

HP : 087751643289

Email : mrizaldizaman@gmail.com